Tri Widodo, Tri Cahyono B.S
Bambang Suprayogi, Suharsono,
Sri Mintayani

BUKU SEKOLAH bse ELEKTRONIK

IPA TERPADU

IPA TERPADU Untuk SMP/MTs Kelas VIII

Tri Widodo, Tri Cahyono B.S
Bambang Suprayogi, Suharsono,
Sri Mintayani

Untuk SMP/MTs VIII

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Tri Widodo, Tri Cahyono B. S.,
Bambang Suprayogi, Suharsono,
Sri Mintayani

IPA

TERPADU

untuk

SMP/MTs

Kelas VIII

IPA TERPADU
untuk SMP/MTs Kelas VIII

Penyusun : Tri Widodo
: Tri Cahyono Budi Santoso
: Bambang Suprayogi
: Suharsono
: Sri Mintayani
Editor : Arief Satiyo Nugroho

Illustrator : Pandu
: Budi S

507
IPA

IPA : Untuk SMP/MTs Kelas VIII / penyusun Tri Widodo...[et al] ; editor, Arief Satiyo Nugroho ; ilustrator, Pandu, Budi S. -- Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vi, 345 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 342
Indeks
ISBN 978-979-068-118-7 (No. jil. Lengkap)
978-979-068-120-0

1. Sains-Studi dan Pengajaran I. Arief Satiyo Nugroho
II. Pandu III. Budi S IV. Judul V. Tri Widodo

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009
Diperbanyak oleh .....

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 689 Tahun 200 tanggal 7 November 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh *(down load)*, digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Februari 2009
Kepala Pusat Perbukuan

KATA PENGANTAR

Pendidikan IPA Terpadu diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, serta prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya pada kehidupan sehari-hari. Lebih lanjut di harapkan agar penerapan IPA dapat dilakukan secara bijaksana sehingga tidak berdampak buruk pada lingkungan,

Buku siswa IPA Terpadu untuk SMP/MTs kelas VIII ini disusun dengan konsep bahwa sisiwa tidak hanya diberi konsep tentang materi. Akan tetapi pemahaman konsep ilmiah yang disusun sedemikian rupa hingga diharapkan siswa mampu menumbuhkan kemampuan berfikir, bekerja dan bersikap ilmiah, mengkomunikasikannya sebagai aspek penting kecakapan hidup.

Syukur alhamdulillah kami penyusun buku materi IPA Terpadu untuk SMP/MTs kelas VIII dapat menuangkan ide-ide tersebut di atas ke dalam buku ini.

Buku ini kami susun dengan mempertimbangkan keterkaitan antara sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat (salingtemas) dalam penyajian yang berimbang. Konsep dan subkonsep kami sajikan dengan bahasa yang sederhana disertai contoh soal yang memudahkan siswa memahami konsep yang diberikan. Kami berikan pula kegiatan berupa tugas diskusi dan atau praktikum agar siswa dapat mencoba dan mempraktikkan konsep fisika dalam kehidupan. Selain itu kami berikan soal-soal uji pemahaman pada tiap subkonsep, uji kompetensi pada tiap akhir bab, dan ulangan akhir semester. Soal-soal uji pemahaman kami berikan sebagai refleksi untuk mengukur kemampuan siswa secara mandiri pada setiap subkonsep yang dibahas

Kami menyadari bahwa masih adanya kekurangan dalam penuangan
materi dalam buku ini, untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pemakai buku ini sangat kami harapkan. Akhirnya, semoga buku ini benar-benar dapat bermanfaat bagi peserta didik. Amiin.

Surakarta, Mei 2008
Penulis

DAFTAR ISI

BAB 1

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

Standar Kompetensi:

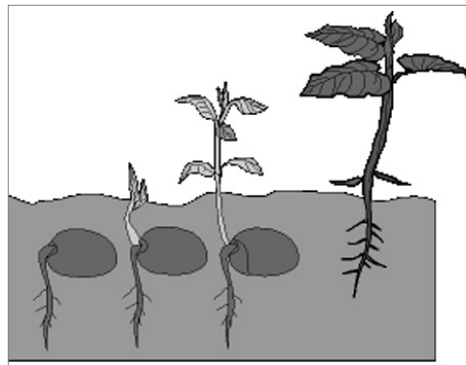
Memahami berbagai sistem dalam kehidupan manusia.

Kompetensi Dasar:

Menganalisis pentingnya pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup.

Semua makhluk hidup tumbuh dengan menggunakan semua materi dan energi dari lingkungan untuk meningkatkan atau menambah ukuran tubuhnya. Kecambah jagung akan tumbuh menjadi pohon jagung dan menghasilkan buah setelah 3 sampai 4 bulan. Anak kucing akan tumbuh menjadi induk kucing. Pertumbuhan dipandang sebagai pertambahan jumlah atau ukuran, misalnya pertambahan panjang lengan, pertambahan lebar dan jumlah daun, dan sebagainya.

Perkembangan diartikan sebagai semua perubahan yang terjadi pada makhluk hidup yang sedang tumbuh. Berudu berkembang menjadi katak serupa dengan induknya. Berudu tidak memiliki kaki, selama tumbuh dan berkembang kaki mulai terbentuk. Tumbuhan yang baru tumbuh secara keseluruhan juga berbeda dengan tumbuhan induknya. "Tumbuhan muda tersebut tidak memiliki akar, batang, dan bunga. Bagian-bagian tubuhnya berkembang saat tumbuhan tumbuh. Perkembangan dapat diartikan sebagai perubahan kualitatif yang tidak dapat diukur secara kuantitatif dan terjadi selama makhluk hidup tumbuh.

Lebih Jelasnya perhatikan gambar berikut!

Gambar 1.1 Pertumbuhan dan perkembangan pada (a) manusia, (b) hewan, serta (c) tumbuhan.

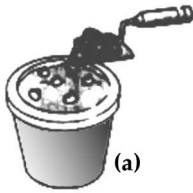
A. PERBEDAAN PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN MAKHLUK HIDUP

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan salah satu ciri makhluk hidup atau merupakan peristiwa perubahan biologis yang sulit dipisahkan. Hal ini karena pertumbuhan merupakan proses yang berjalan seiring dan sejajar dengan perkembangan.

Kegiatan 1.1 Mengetahui pertumbuhan yang terjadi pada tanaman

1. Alat dan bahan:
    - pot kecil atau kaleng bekas yang dilubangi bagian bawahnya
    - penggaris
    - tanah yang subur
    - biji jagung atau beras (padi)
2. Langkah kerja:

(a)

(b)

a. Rendam biji dalam air, selanjutnya sebar biji-biji tersebut di atas tanah dalam pot! Tutup biji-bijian tersebut dengan lapisan tanah yang tipis, lihat gambar (a)!

b. Setelah beberapa hari, biji akan tumbuh. Pada saat mulai muncul ke permukaan tanah, ukur panjang atau tingginya, lihat gambar (b)!

c. Ulangi pengukuran tinggi tanaman selama satu minggu. (Jika mungkin lakukan setiap hari). Pengukuran harus dengan interval waktu yang sama, misalnya, setiap hari atau setiap dua hari. Isikan data kalian pada tabel.

Tabel Pengamatan

Pengukuran (mm) / Hari Ke-	Tinggi tanaman					Rata – rata tinggi tanaman
1	1	2	3	4	5	
2						
3						
4						
5						
6						
7						

4. Dari data yang kalian peroleh, buatlah grafik garis! Pertumbuhan pada sumbu horizontal dan waktu pada sumbu vertikal.
5. Hitunglah penambahan tinggi tanaman setiap harinya, (jika kalian ukur setiap hari)!
6. Kumpulkan sebagai bahan tugas proyek/tugas Portofolio!

Diskusi:

1. Apakah yang terjadi pada biji jagung atau biji padi setelah ditanam?
2. Berapakah kecepatan pertumbuhan (rata-rata pertambahan tinggi tanaman) setiap harinya?
3. Berapa mm pertambahannya selama 6 hari pengamatan?
4. Mengapa kecepatan pertumbuhannya bervariasi?
5. Sebutkan faktor yang menyebabkan terjadinya variasi kecepatan pertumbuhan tanaman jagung atau biji padi tersebut!

Pertumbuhan pada hewan tak hanya terjadi di tempat tertentu seperti pada tumbuhan. Semua jaringan dan organ pada tubuh dapat mengalami proses tumbuh. Namun tak semua bagian tubuh memiliki kecepatan pertumbuhan yang sama. Bagian tubuh anggota gerak memiliki kecepatan pertumbuhan lebih besar dibanding dengan bagian kepala. Pertumbuhan tubuh manusia dan hewan berjalan seiring dan ditunjang dengan pertumbuhan sistem kerangkanya.

Bagian tulang yang mengalami pertumbuhan memanjang terjadi di daerah ujung-ujung tulang dan hanya berlangsung selama pertumbuhan. Namun, kerangka beberapa jenis Reptilia dan Pisces dapat terus menerus mengalami pertumbuhan sepanjang hidupnya.

Bayi manusia berada dalam kandungan ibunya selama 266 hari atau 9 bulan untuk mencapai perkembangan sempurna. Hewan memiliki masa kehamilan berbeda, sebagai contoh tikus hanya 22 hari, kucing dan anjing memiliki masa kehamilan ± 60 hari. Kuda mencapai 366 hari. Pada masa-masa tersebut embrio berkembang di dalam rahim induknya. Beberapa hewan lain perkembangan embrionya terjadi di luar tubuh induk, tidak di dalam rahim misalnya burung, katak, ikan, dan serangga.

Untuk membicarakan hal ini, kita dapat memulai dari telur yang telah difertilisasi yang selanjutnya akan berkembang menjadi embrio sempurna. Selama itu pula akan terjadi berbagai perubahan.

Semua makhluk hidup mengalami perkembangan. Perkembangan adalah seluruh perubahan yang terjadi selama makhluk hidup tumbuh. Pada manusia, perkembangan diawali dari sel telur yang difertilisasi dan berubah menjadi berbagai jaringan dan organ tubuh. Perkembangan tersebut menghasilkan terbentuknya jaringan tulang, otot, rambut, saraf, dan kulit.

Apakah perubahan tersebut dapat dilihat sebagai perkembangan? Untuk menjawab pertanyaan tersebut kita harus memulai dari sebuah sel telur yang difertilisasi. Selanjutnya terjadi perubahan dari tahap satu sel menjadi tahap banyak sel. Perubahan tersebut terjadi melalui pembelahan mitosis. Umumnya, perkembangan awal tersebut terjadi saat telur masih berada dalam *oviduk*. Tahap-tahap perkembangan selanjutnya dan lama waktu untuk terjadinya satu perubahan.

1. Sebuah telur difertilisasi.
2. Telur yang telah difertilisasi bermitosis menjadi dua sel, dan dinamakan embrio.
3. Mitosis berlanjut dari dua sel menjadi empat sel. Empat sel menjadi delapan sel. Delapan sel menjadi enam belas sel.
4. Setelah tiga hari, embrio menjadi enam belas sel.

5. Selanjutnya embrio berbentuk bola padat terdiri atas banyak sel.
6. Setelah 120 hari embrio meninggalkan oviduk menuju uterus. Saat itu embrio berbentuk bola dengan lubang di tengah.
7. Selanjutnya embrio akan melekat pada dinding uterus, untuk berkembang selama 37 minggu.

Perubahan awal pada embrio disebut dengan *cleavage* (pembelahan). Cleavage adalah urutan perubahan dari telur yang telah difertilisasi sampai membentuk bola dengan rongga di tengah. Jumlah sel bertambah dari satu sel menjadi ratusan hanya dalam lima hari.

Semua perubahan yang terjadi selama fase cleavage terjadi di dalam tubuh ibu. Beberapa hewan seperti kucing, anjing, dan ikan paus juga mengalami pola perkembangan yang serupa.

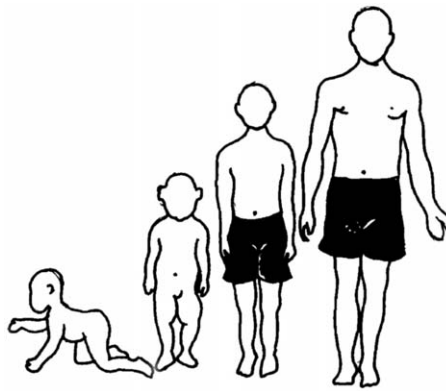
- **Perkembangan di luar tubuh induk betina**

Semua hewan mengalami perkembangan. Pada hewan-hewan tertentu, hewan betina tidak memiliki uterus, karena itu perkembangan hewan mudanya berlangsung di sembarang tempat. Katak betina mengeluarkan telur dari tubuh. Burung dan reptil mengalami hal yang sama. Selanjutnya tahap perkembangan telur-telur tersebut sama dengan perkembangan pada manusia. Satu persamaan pada katak, burung, dan reptil adalah perkembangan embrio terjadi di luar tubuh induknya.

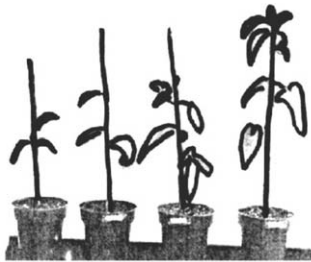
Ikan, amfibi, dan sejumlah invertebrata mengeluarkan telurnya dalam air. Telur tersebut segera mengalami cleavage setelah difertilisasi. Telur burung dan reptil mengalami tahap cleavege yang sama seperti sel telur manusia. Perkembangan pada burung dan reptil sebagian besar terjadi di darat, tidak di dalam air seperti ikan. Telur burung dan reptil dapat berkembang di daratan sebab memiliki pelindung yang kuat yaitu cangkang yang menjaga embrio dari kekeringan udara luar.

Pertumbuhan dan Perkembangan Paskaembrionik

Pertumbuhan dan perkembangan pascaembrionik adalah pertumbuhan dan perkembangan setelah masa embrio. Pada pertumbuhan dan perkembangan pasca embrionik, pertumbuhan dan perkembangan yang terjadi terutama penyempurnaan alat-alat reproduksi (alat-alat kelamin). Pada manusia, perkembangan kemampuan reproduksi ditandai dengan penampakan sifat-sifat seks sekunder. Pada laki-laki sifat-sifat seks sekunder seperti suara yang membesar, tumbuh cambang, kumis, dan otot-otot tampak kekar. Adapun pada perempuan, misalnya tumbuh payudara. Selain itu, pada pertumbuhan dan perkembangan pasca embrionik biasanya hanya terjadi peningkatan ukuran bagian-bagian tubuh saja. Namun demikian, tidak semua bagian tubuh mengalami pertumbuhan dan perkembangan dengan kecepatan yang sama, tetapi tumbuh dan berkembang dengan kecepatan yang berbeda-beda membentuk ukuran tertentu yang proporsional.

Pada golongan hewan tertentu, sebelum tumbuh menjadi hewan dewasa, membentuk tahap larva terlebih dahulu. Pada golongan hewan tersebut, pertumbuhan dan perkembangan pascaembrionik merupakan tahap pembentukan larva sebelum tumbuh dan berkembang menjadi hewan dewasa. Jadi, tahap larva ini berlangsung pada pertumbuhan dan perkembangan. Lihat Gambar berikut.

Sumber: Seri Fauna Serangga

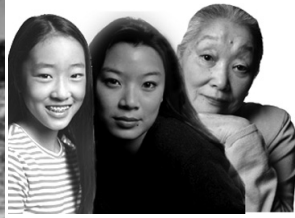
Gambar 1.2 Pertumbuhan dan perkembangan pasca embrionik pada manusia

Pasca embrionik. Pertumbuhan dan perkembangan pasca embrionik yang melalui tahap larva ini dikenal dengan *metamorfosis*. Contoh hewan yang mengalami metamorfosis adalah serangga dan katak. Metamorfosis pada serangga dan katak akan kita bahas dalam sub bab berikut.

Gambar 1.3
Penambahan tinggi pada tanaman dapat diukur secara kuantitatif

Pertumbuhan pada makhluk hidup bersel banyak (multiseluler) ditandai dengan penambahan ukuran sel (bertambah besar dan panjang) dan penambahan jumlah sel. Adapun pertumbuhan pada makhluk hidup bersel satu (uniseluler) ditandai dengan penambahan ukuran sel. Jadi, pada pertumbuhan terjadi pertambahan jumlah sel baru serta penambahan besar dan panjang sel-sel tubuh. Adanya proses pertumbuhan ini dapat diukur dan dinyatakan secara kuantitatif. Lihat contoh pertumbuhan tanaman pada gambar 1.3

Pada manusia dan hewan, umumya memiliki periode pertumbuhan yang terbatas. Artinya, pada periode tertentu tidak terjadi proses pertumbuhan lagi. Adapun, tumbuhan dapat mengalami pertumbuhan sepanjang hidupnya. Cobalah kalian perhatikan hewan ternak atau hewan peliharaan yang mungkin kalian miliki. Pada periode atau umur tertentu, hewan tersebut tidak mengalami proses pertumbuhan lagi. Kemudian perhatikan tumbuhan, seperti pohon mangga, pohon rambutan, pohon kelapa, atau pohon lainnya tampak akan tumbuh terus sepanjang hidupnya.

Perubahan yang terjadi pada makhluk hidup seperti bayi menjadi orang dewasa atau tanaman mangga yang kecil menjadi tanaman dewasa dengan buahnya yang lebat, tidak hanya sebagai akibat pertumbuhan saja melainkan juga karena peristiwa perkembangan pada makhluk hidup tersebut. Pada manusia dan sebagian besar hewan yang semula diawali dengan pertemuan sel telur (ovum) dengan sperma, melalui pertumbuhan dan perkembangan menjadi janin, bayi, dan akhirnya menjadi orang dewasa. Dalam hal ini telah terjadi pertumbuhan karena terjadi perubahan, yaitu janin hingga menjadi orang dewasa. Seiring dengan pertumbuhan, terjadi perkembangan karena terjadi proses pendewasaan yang lebih sempurna. Demikian pula pada sebagian besar tumbuhan, diawali dengan pertemuan antara sel kelamin jantan dan sel kelamin betina berlanjut menjadi biji, berkecambah, dan akhirnya menjadi tumbuhan dewasa

(a)

(b) Sumber: Clip Art

Gambar 1.4 (a) tumbuhan akan tumbuh terus sepanjang hidupnya, (b) sedangkan manusia pertumbuhannya terbatas

yang dapat berbunga dan berbuah. Perubahan yang terjadi selama masa pertumbuhan pada tumbuhan akan membentuk organ-organ yang memiliki struktur dan fungsi berbeda yaitu terbentuk akar, batang, daun, dan bunga. Terjadi pertumbuhan karena terjadi perubahan yaitu biji, kecambah, hingga menjadi tumbuhan dewasa. Terjadi perkembangan karena terjadi perubahan pada tumbuhan tersebut sehingga menjadi tumbuhan dewasa dan semakin kompleks.

(a) (b)

Gambar 1.5 Perbedaan antara pertumbuhan dan perkembangan.
(a) Tanaman yang mengalami pertumbuhan
(b) Tanaman yang mengalami perkembangan

Dari uraian diatas, jelaslah bahwa pertumbuhan dan perkembangan merupakan proses yang berjalan sejajar dan sulit untuk dipisahkan.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah perbedaan antara pertumbuhan dengan perkembangan?
2. Beri satu contoh pertumbuhan dan satu contoh perkembangan!
3. Bagian tulang manakah yang selalu mengalami pertumbuhan?
4. Apa sajakah faktor yang selalu dibutuhkan embrio yang mengalami perkembangan di luar tubuh induknya?

B. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TUMBUHAN

Pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup merupakan hasil interaksi antara faktor *internal* (dari dalam tubuh makhluk hidup) dan faktor *eksternal* (dari luar tubuh makhluk hidup). Faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup adalah suhu, cahaya, kelembaban, oksigen, air, zat (mineral), hormon, genetik, dan aktivitas tubuh.

1. Suhu

Tumbuhan dapat tumbuh dengan baik pada suhu yang paling sesuai (suhu optimum).

2. Cahaya

Di tempat gelap (berwarna kekuningan) *Di tempat terang (berwarna hijau)*

Gambar 1.6 *Sumber: Clip Art*

Semua tumbuhan hijau memerlukan cahaya. Namun, pada masa pertumbuhan kecambah (perkecambahan), cahaya justru menghambat proses pertumbuhan. Kecambah yang tumbuh di tempat gelap akan lebih cepat panjang daripada kecambah yang berada di tempat terang. Pertumbuhan tumbuhan yang cepat di tempat yang gelap disebut *etiolasi*.

3. Kelembaban

Udara yang lembab menghambat proses transpirasi. Hal itu berarti juga menghambat penyerapan unsur hara dari dalam tanah yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman.

4. Oksigen

Respirasi (pernapasan) membuat energi untuk proses metabolisme dan pertumbuhan selalu tersedia. Biji yang sedang berkecambah bernapas dengan sangat cepat untuk mendapatkan oksigen melalui respirasi aerob. Biji tidak dapat berkecambah dalam keadaan tidak ada oksigen sama sekali.

5. Air dan Zat hara

a. Air

Setiap jenis tumbuhan memiliki perbedaan kebutuhan air untuk pertumbuhan. Kaktus dapat tumbuh pada tanah berpasir dan kering. Tumbuhan paku akan tumbuh baik di tempat yang lembap dan tanah gembur yang kaya akan nutrisi. Kaktus di padang pasir memperoleh air hujan yang turun hanya beberapa kali dalam setahun.

Kegiatan 1.2 Air dibutuhkan untuk kelangsungan hidup (perkecambahan)

1. Alat dan Bahan:
- cawan petri 2 buah
- kertas saring 2 lembar
- biji kedelai 20 buah

2. Langkah Kerja:

a. Letakkan cawan petri bersebelahan!

b. Tempatkan kertas saring yang sudah dibasahi dan berilah tanda dengan huruf A pada cawan petri!
c. Tempatkan kertas saring yang kering pada cawan petri yang telah ditandai dengan huruf B!
d. Taburkan biji kedelai ke dalam masing-masing cawan petri, tutup dengan penutup cawan dan simpan di tempat yang gelap dan lembab!
e. Tunggu sampai beberapa hari, jika kertas saring pada cawan A kering tetesi kembali dengan air, jaga agar kertas saring di dalamnya tetap basah!
f. Tulislah hasil pengamatanmu dalam bentuk laporan sebagai bahan portofolio.

Diskusi:

1. Apakah hasil percobaanmu mendukung dugaan bahwa air dibutuhkan dalam kehidupan/untuk berkecambah?
2. Apakah guna kertas saring kering pada cawan B?
3. Mengapa sebagian besar biji berkecambah pada musim penghujan?

b. Zat Hara (Mineral)

Sebagian tumbuhan tumbuh di dalam tanah. Tanah mengandung sejumlah mineral-mineral yang penting untuk pertumbuhan. Tumbuhan menggunakan mineral-mineral untuk membentuk klorofil dan dinding sel. Tumbuhan memerlukan elemen-elemen atau mineral-mineral tertentu agar dapat tumbuh dengan baik dan dapat menghasilkan bunga dan buah. Elemen yang diperlukan tersebut dikenal sebagai *elemen esensial*. Elemen esensial tersebut terdiri atas karbon, hidrogen, dan oksigen. Tumbuhan dapat memperolehnya dari udara. Tiga mineral yang penting bagi tumbuhan adalah nitrogen, fosfat, dan kalium.

6. Hormon

a. Hormon untuk tumbuhan

Hormon yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman terdiri atas, auksin, sitokinin, giberelin, absitat, dan etilena.

- *Auksin*

Hormon auksin ada dalam tubuh dengan jumlah yang sangat sedikit. Hormon ini disintesis pada jaringan meristem apikal, yaitu jaringan yang sel-selnya aktif membelah. Meristem apikal terletak pada ujung akar, ujung batang, atau dauan. Hormon tersebut kemudian diedarkan ke bagian lain tumbuhan. Fungsi hormon auksin dapat mempengaruhi berbagai proses pertumbuhan. Proses pertumbuhan yang dipengaruhi auksin, antara lain kecepatan pertumbuhan, perkecambahan, pembentukan bunga dan buah, serta penuaan dan pengguguran.

- *Sitokinin*

Hormon sitokinin terutama disintesis di akar, kemudian ditransfer melalui xilem ke bagian tubuh yang lain. Fungsi hormon ini antara lain merangsang pembelahan sel, mempercepat pembungaan, dan pertumbuhan buah, serta berperan dalam perkecambahan. Sitokinin juga berfungsi memacu pembentukan tunas apikal maupun tunas lateral.

- *Giberelin*

Giberelin hampir sama dengan auksin dalam memberikan pengaruh pada tumbuhan. Berbagai proses pertumbuhan yang dipengaruhi oleh giberelin, misalnya, pemanjangan ruas, memacu pembungaan pada tumbuhan, dan memacu perkembangan buah. Fungsi lain hormon giberelin adalah mempengaruhi sintesis berbagai macam enzim pada perkecambahan biji.

- *Asam Absisat*

Beberapa tumbuhan pada musim gugur menghentikan pertumbuhan pada meristem apikal batang (pucuk batang) dan mengubahnya menjadi kuncup dorman (tidur). Daun-daun baru yang tumbuh di atas meristem akan berubah menjadi sisik kuncup berbentuk kaku yang membungkus meristem rapat-rapat untuk melindungi jaringan meristem dari kerusakan mekanis dan kekeringan selama musim dingin. Zat yang menyebabkan terjadinya perubahan meristem apikal menjadi kuncup itu berasal dari daun-daun dewasa yang bergerak ke meristem apikal melalui floem dan disebut asam absisat.

- *Etilena*

Etilena adalah hormon yang memacu proses pemasakan buah. Pada umumnya setiap buah mampu memproduksi etilenanya sendiri.

b. Hormon untuk hewan

Hormon yang dimiliki hewan di antaranya sebagai berikut.

- *Ekdison dan Juvenil*

Pada serangga yang mengalami metamorfosis, misalnya, ulat sutera proses pengelupasan larva (ekdisis) menuju tahap perkembangan berikutnya dipengaruhi oleh dua jenis hormon. Hormon ekdison dihasilkan oleh sel yang ada pada bagian dada dan hormon juvenil yang dihasilkan oleh pasangan ganglion terdepan (otak). Proses pengelupasan terjadi apabila produksi ekdison tidak dihambat oleh hormon juvenil. Selama hormon juvenil berpengaruh, ulat sutera akan tetap berada pada stadium larva.

- *Somatotropin*

Somatotropin disebut juga hormon pertumbuhan, sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan hewan mamalia termasuk manusia.

- *Tiroksin*

Hormon tiroksin dihasilkan oleh kelenjar tiroid yang terdapat pada pangkal tenggorok. Pada manusia, tiroksin mengendalikan laju produksi energi dan reaksi di dalam sel pada umumnya. Pada hewan, misalnya, katak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan larva menjadi katak dewasa.

7. Gen (Genetik)

Gen adalah faktor pembawa sifat menurun yang terdapat di dalam sel makhluk hidup. Gen berpengaruh pada setiap struktur makhluk hidup dan juga perkembangannya, walaupun gen bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhinya. Artinya, sifat-sifat yang tampak (sifat fenotif) pada makhluk hidup seperti bentuk

tubuh, tinggi tubuh, warna kulit, warna bulu pada hewan, warna bunga, penambahan ukuran, dan sebagainya dipengaruhi oleh gen yang dimilikinya. Oleh karena itu, bentuk dan ukuran tubuh makhluk hidup banyak ditentukan oleh faktor genetik.

(a)

(b) Sumber: Clip Art

Gambar 1.7 Tumbuhan memiliki gen yang berbeda
(a) pohon memiliki gen berbatang tinggi, (b) tanaman padi memiliki gen berbatang pendek

8. Aktivitas Tubuh

Pertumbuhan hewan dan manusia juga dipengaruhi oleh aktivitas tubuh. Contohnya, otot yang dilatih akan dapat tumbuh menjadi besar dan kuat. Sebaliknya, otot yang tidak pernah dilatih akan lebih kecil dan kurang kuat. Olahraga secara teratur juga dapat meningkatkan pertumbuhan badan karena kegiatan olahraga atau aktivitas tubuh lainnya akan melancarkan peredaran darah dan metabolisme dalam tubuh. Dengan demikian, aktivitas tubuh akan mempengaruhi kesehatan dan berpengaruh pula pada pertumbuhan.

UJI PEMAHAMAN

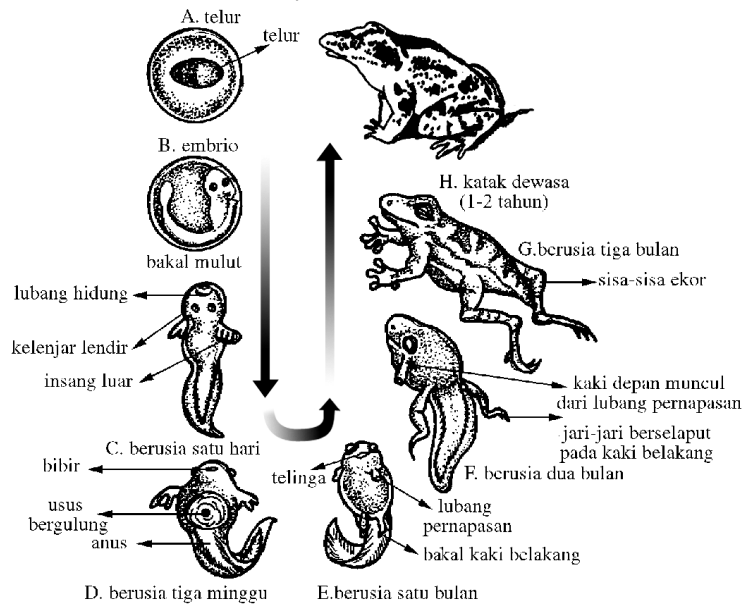
Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

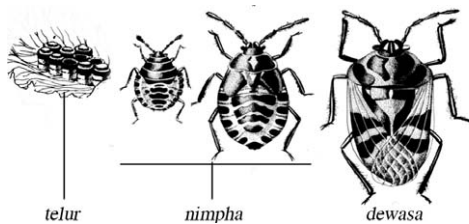
1. Faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan?
2. Elemen esensial apa sajakah yang diperlukan tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang?
3. Apakah fungsi hormon auksin bagi tumbuhan?
4. Apakah fungsi hormon tiroksin bagi hewan katak?

C. METAMORFOSIS DAN METAGENESIS

Jika kalian melihat anak anjing, kalian dapat mengatakan bahwa itu adalah hewan anjing. Jika melihat anak ayam juga dapat mengatakan bahwa itu adalah ayam. Pada sejumlah hewan anaknya memiliki rupa dan bentuk seperti induknya atau hewan dewasanya, tetapi pada hewan tertentu tidak demikian. Hewan tersebut harus melalui perubahan tipe bentuk sebelum tampak seperti hewan dewasa.

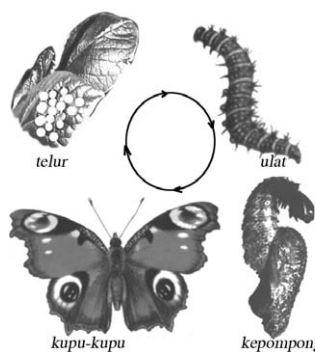
1. Metamorfosis Katak

Beberapa hewan mengalami serangkaian urutan perubahan sebelum tampak seperti hewan dewasanya. Perubahan bentuk yang terjadi antara hewan fase muda sampai fase dewasa disebut *metamorfosis*.

Gambar 1.8 Tahapan metamorfosis pada katak

2. Metamorfosis Serangga

Gambar 1.9
Tahapan metamorfosis tak sempurna

Serangga juga mengalami metamorfosis. Berbeda dengan katak, serangga memiliki dua tipe metamorfosis. Dikenal adanya metamorfosis sempurna dan metamorfosis tak sempurna.

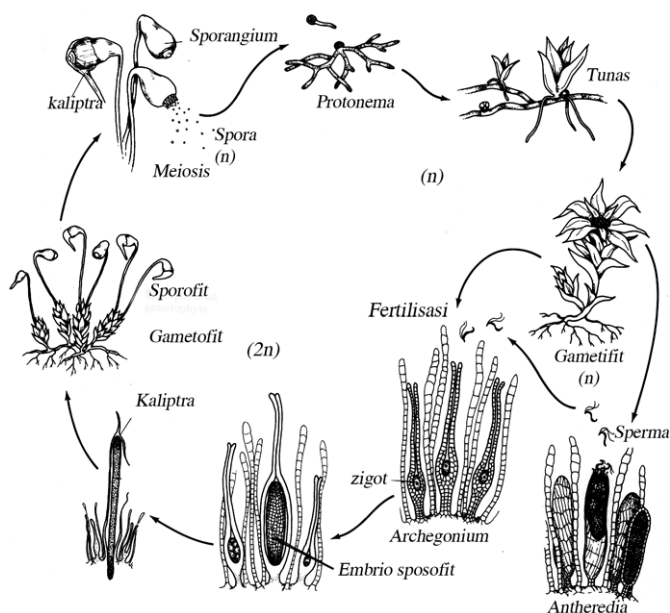
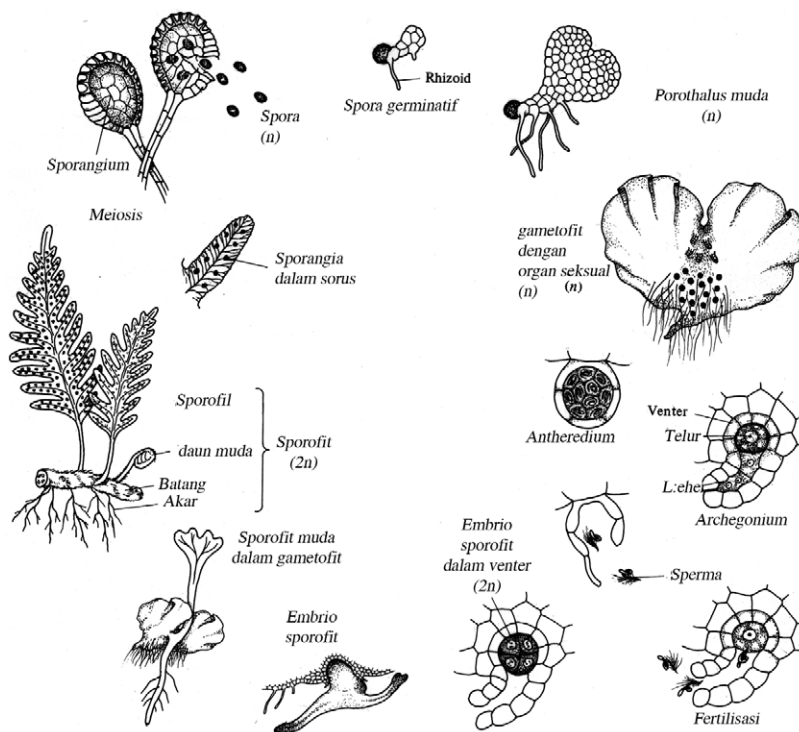
Pada beberapa serangga muda yang menetas dari telur memiliki bentuk yang tampak mirip dengan hewan dewasanya, meskipun terdapat sedikit perbedaan. Hewan muda tersebut dikenal dengan sebutan *nimpha*. Nimpha adalah hewan muda yang bentuknya mirip dengan hewan dewasanya. Perhatikan gambar di atas, tampak nimpha yang menetas bentuknya mirip dengan hewan dewasa, namun tidak memiliki sayap. Kematangan seksualnya juga belum terjadi.

Nimpha tumbuh dan mencapai ukuran dewasa. Perkembangan seperti itu dikenal sebagai *metamorfosis tak sempurna*. Metamorfosis tak sempurna adalah serangkaian perubahan pada serangga dari nimpha menjadi hewan dewasa. Belalang dan jengkrik juga mengalami metamorfosis tak sempurna.

Gambar 1.10 Tahapan metamorfosis pada kupu-kupu

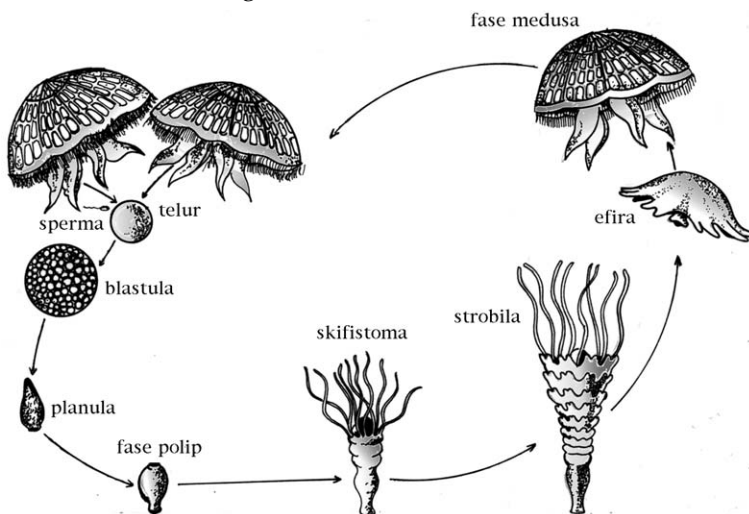
Beberapa serangga seperti kupu-kupu mengalami metamorfosis sempurna. Metamorfosis sempurna adalah serangkaian perubahan pada serangga yang bentuknya sama sekali berbeda dari hewan muda menjadi hewan dewasa. Gambar berikut ini menunjukkan perubahan pada metamorfosis tersebut.

3. Metagenesis

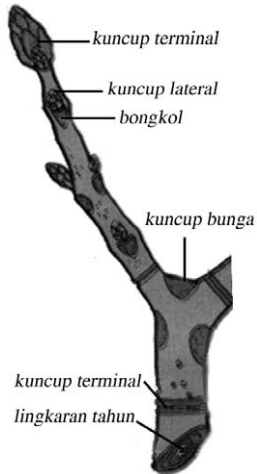
Perubahan pada tumbuhan merupakan perubahan pergantian keturunan. Dalam satu siklus hidup terjadi pergantian keturunan antara individu penghasil spora dan individu penghasil sperma. Pada pergiliran keturunan, individu yang menghasilkan spora berbeda dengan individu yang menghasilkan sperma. Antara dua individu tersebut tidak pernah hidup bersamaan, masa hidup mereka saling bergantian, sehingga disebut pergiliran keturunan atau *metagenesis*.

Metagenesis ini terjadi pada tumbuhan paku dan lumut. Metagenesis pada tumbuhan lumut dapat dilihat bagan pada gambar berikut.

Gambar 1.11 (a) Pergiliran keturunan pada lumut

Gambar 1.11 (b) Pergiliran keturunan tumbuhan paku

Metagenesis pada Hewan

Metagenesis pada hewan pun pada dasarnya sama dengan metagenesis pada tumbuhan. Hewan mengalami pergiliran generasi, yaitu fase generatif (seksual) dan fase vegetatif (aseksual) secara bergantian.

Gambar 1.12 Metagenesis pada ubur-ubur

Hewan yang mengalami metagenesis misalnya golongan knidaria, contohnya yaitu hydra dan ubur-ubur. Ubur-ubur memiliki dua fase dalam daur hidupnya, yaitu *medusa* dan *polip*. Medusa merupakan fase seksual (generatif) dan polip merupakan fase aseksual (vegetatif).

D. PERTUMBUHAN TUMBUHAN BERDASARKAN TITIK TUMBUHNYA

Pertumbuhan pada tanaman disebabkan oleh adanya jaringan meristematik atau titik tumbuh, yaitu jaringan yang sel-selnya selalu membelah. Titik tumbuh pada tumbuhan monokotil terdapat di dua tempat, yaitu di ujung akar dan ujung batang sehingga batang akan menjadi bertambah tinggi dan akar bertambah panjang. Pada tumbuhan dikotil, titik tumbuh terdapat di ujung akar, batang, serta kambium.

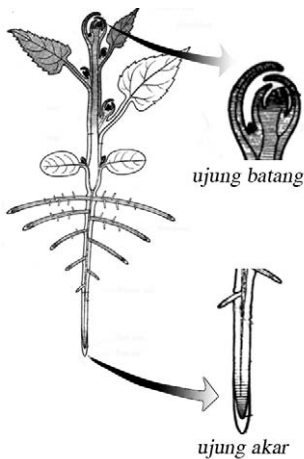
Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan terjadi di bagian-bagian tertentu, misalnya, ujung akar dan batang. Pertumbuhan yang terjadi pada bagian tersebut dikenal dengan *pertumbuhan terminal*.

Gambar 1.13
Titik pertumbuhan tumbuhan

Pertumbuhan Terminal

Pada ujung akar dan ujung batang tumbuhan berbiji yang sedang aktif tumbuh, terdapat tiga daerah pertumbuhan dan perkembangan. Ketiga daerah pertumbuhan dan perkembangan tersebut adalah daerah pembelahan, daerah pemanjangan, dan daerah diferensiasi.

Pertumbuhan pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder.

Gambar 1.14 Pertumbuhan primer pada ujung batang dan akar

Pertumbuhan Primer. Pertumbuhan primer merupakan pertumbuhan yang disebabkan oleh kegiatan titik tumbuh primer. Titik tumbuh primer terdapat pada ujung akar atau ujung batang. Lihat gambar 1.18!, Titik tumbuh primer telah mulai terbentuk sejak tumbuhan masih berupa embrio. Ujung akar dan ujung batang tempat terjadinya pertumbuhan merupakan daerah *meristem apikal*. Pertumbuhan primer menyebabkan batang dan akar bertambah panjang.

Pertumbuhan Sekunder. Pertumbuhan sekunder merupakan pertumbuhan yang disebabkan oleh kegiatan jaringan kambium.

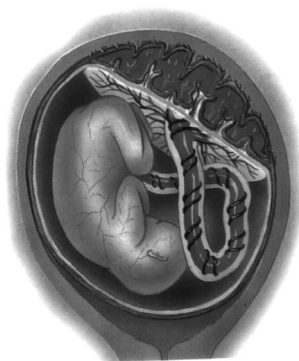
UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah pengertian metagenesis dan metamorfosis itu?
2. Bagaimana urutan metamorfosis pada katak mulai dari telur sampai dewasa?
3. Bagaimana urutan metagenesis pada tumbuhan paku?
4. Hewan apa sajakah yang mengalami metagenesis?
5. Apakah pengertian pertumbuhan terminal yang terjadi pada tumbuhan itu?

E. TAHAP-TAHAP PERKEMBANGAN PADA MANUSIA

Setelah sembilan bulan berkembang di dalam rahim ibu maka bayi akan segera dilahirkan.

1. Kelahiran Bayi

Sumber: Ensiklopedi Sains adn Kehidupan

Gambar 1.15 Bayi dalam kandungan

Bayi di dalam rahim ibu diselubungi oleh kantong amnion sehingga bayi akan merasa hangat, basah, gelap dan pada kondisi yang terlindungi. Pada kenyataannya setelah bayi tersebut dilahirkan akan mendapatkan lingkungan yang berbeda sama sekali, lingkungan baru tersebut terasa lebih dingin, kering, terang, dan tidak terlindungi oleh sesuatu.

Pada saat dilahirkan, bayi masih menempel pada tali pusat dan plasenta. Tali pusat akan dipotong dan setelah itu bayi akan menghirup oksigen tanpa melewati saluran tali pusat. Bayi akan menangis, tangisan bayi merupakan kemampuan pemompaan udara pada janin.

2. Balita dan Anak-anak

Sumber: Clip Art

Gambar 1.16 Bayi 4 bulan

Empat minggu pertama setelah lahir dikenal dengan periode "*neonatal*". Neonatal artinya "*kelahiran baru*" selama waktu ini bayi sudah dapat menyesuaikan hidup di luar uterus. Fungsi tubuh seperti pernapasan, pencernaan, dan ekskresi telah dilakukan oleh bayi itu sendiri.

Perkembangan berikutnya adalah bayi pada periode dari neonatal ke usia satu tahun. Pada periode ini bayi mengalami pertumbuhan dan perkembangan baik mental maupun keterampilan fisik.

Setelah melewati masa bayi maka periode berikutnya adalah masa anak-anak, dimulai pada usia 1 tahun sampai 12 tahun. Pertumbuhan fisik mulai meningkat baik tinggi badan maupun berat badan, juga perkembangan koordinasi otot-otot dan kemampuan mental. Dari usia 18 bulan, dapat berjalan tanpa bantuan. Antara 2 dan 3 tahun, anak telah dapat mengontrol keinginan untuk "kencing" dan "berak". Pada usia 3 tahun, anak telah dapat berbicara dengan kalimat sederhana. Sampai dengan usia 5 tahun, beberapa anak dapat membaca angka- angka dan huruf-huruf tertentu. Di atas usia ini, anak telah berkembang kemampuan berbicara, menulis, membaca, dan beralasan. Pada usia yang sama, anak telah matang emosinya dan belajar bagaimana bergaul dengan orang lain. Coba ingat usia berapa kalian berbicara? Kata apa yang pertama kamu ucapkan?

3. Masa Remaja, Masa Pubertas

Perkembangan berikutnya adalah masa *remaja*, kamu terletak pada masa ini. Masa remaja dimulai dari usia 12 sampai 14 tahun. Bagian dari masa adolosen adalah pubertas. Masih ingatkah di awal sudah kita bahas bahwa masa pubertas adalah masa di mana organ reproduksi kita telah matang. Untuk wanita masa pubertas terjadi pada usia 8 sampai 13 tahun. Untuk laki-laki pubertas terjadi antara usia 13 sampai 15 tahun. Salah satu ciri masa pubertas pada anak wanita adalah mulai terjadi menstruasi. Seorang yang mulai mengalami menstruasi menunjukkan bahwa tubuhnya mulai mempersiapkan diri untuk terjadinya kehamilan. Pada saat menstruasi tubuh wanita rawan dihinggapi penyakit. Penyakit dapat ditimbulkan karena kurang menjaga kesehatan. Oleh karena itu harus menjaga kebersihan pada saat menstruasi. Pada wanita juga terjadi perubahan seperti mulai tumbuhnya rambut di ketiak dan permukaan alat kelamin (*Mons pubis*) dan mulai mengalami masa menstruasi.

Anak perempuan lebih cepat dewasa daripada anak laki-laki. Anak perempuan menunjukkan perkembangan kerangka maupun organ seksualnya kira-kira dua tahun lebih cepat dari anak laki- laki. Variasi kedewasaan ini banyak sekali, ada yang sudah tumbuh buah dada dan rambut sekitar kemaluan pada usia sembilan tahun, ada yang belum mendapatkannya sebelum usia tiga belas atau empat belas tahun. Pada masa pubertas ini mulai memiliki rasa ketertarikan dengan lawan jenisnya. Kalian harus menerima dan menyadari kenyataan bahwa mekanisme kedewasaan yang normal tidak terjadi pada suatu titik tertentu, tetapi terjadi kapan saja pada tenggang waktu tertentu. Kaluu kalian sudah menyadari akan hal ini, tak perlu lagi kuatir kalau ada kelambanan kedewasaan. Kedewasaanmu adalah sesuatu yang unik sekali dan tak dapat dipercepat sekehendak hati.

Sumber: Clip Art

Gambar 1.17 Anak perempuan usia pubertas

Pada hakikatnya masa remaja dapat dibagi menjadi 3 periode, yakni : (1) masa remaja awal (11-14 tahun), (2) masa remaja pertengahan/masa remaja madya (14-17 tahun), dan (3) masa remaja akhir (17-20 tahun).

Ciri-Ciri Remaja yang Mengalami Pubertas

Masa remaja merupakan masa transisi dari masa anak ke masa dewasa sehingga dapat dikatakan sebagian anak sebagian dewasa. Pada masa ini sering terjadi konflik-konflik dalam diri remaja. Karena keinginannya sering terbentur oleh aturan dan norma.

a. *Perubahan Fisik*

Kondisi fisik remaja akan berubah cepat antara usia 11 sampai 16 tahun. Diperlukan cukup waktu untuk dapat beradaptasi dengan keadaan baru ini. Seluruh ukuran badan berubah. Pada anak perempuan pinggang menjadi kecil pinggul membesar, sedangkan pada anak laki-laki bahu membesar, ukuran muka juga berubah, terutama pada anak laki-laki hidung dan rahang menjadi menonjol. Perkembangan tersebut bervariasi antara remaja yang satu dengan yang lain tidak sama, maka remaja sering merasakan kecemasan-kecemasan.

Semua perubahan ini disebabkan oleh hormon yang dihasilkan kelenjar hormon. Pada anak laki-laki akibat hormon yang dihasilkan oleh testis. Pada anak perempuan akibat hormon yang dihasilkan oleh ovarium. Hormon ini tidak hanya mempengaruhi pertumbuhan, tetapi juga perasaan (*mood*).

Menstruasi biasanya datang sebulan sekali dengan siklus yang bervariasi antara 25-28 hari sekali. Lama menstruasi bervariasi, tetapi bila sudah teratur biasanya berlangsung sekitar 5 hari, bisa juga lebih cepat atau lebih lama (3-8 hari). Pendarahan lebih banyak pada hari kedua dan ketiga, lalu semakin sedikit sampai menstruasi terhenti.

Menstruasi dipengaruhi oleh kerja hormon esterogen yang menyebabkan lepasnya ovum (sel telur) dari ovarium. Ovum yang terdapat di ovarium berjumlah kira-kira 400.000 sel telur. Apabila sel telur ini tidak dibuahi, maka dinding bagian dalam dari kandungan akan terkelupas dan terjadilah pendarahan (menstruasi).

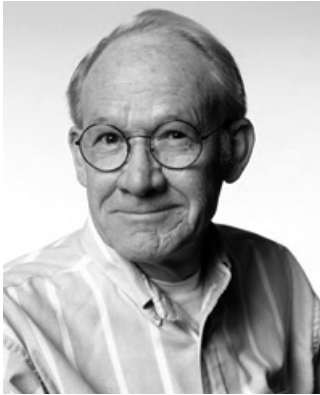
Sebaliknya bila terjadi pembuahan, dinding bagian dalam kandungan (endometrium) akan tumbuh untuk mempersiapkan makanan bagi calon embrio/janin, individu tersebut hamil dan menstruasi tidak terjadi.

b. *Perkembangan Pada Anak Laki-laki*

Terjadi perubahan suara, suara akan pecah dan besar, karena tenggorokan bertambah menjadi besar sebagaimana organ tubuh lainnya. Pertumbuhan organ tubuh anak laki-laki jauh lebih pesat daripada anak perempuan. Pembesaran kerongkongan yang pesat ini pulalah yang akan menyebabkan tumbuhnya jakun pada anak laki-laki.

Penis pada anak laki-laki terdiri atas jaringan ikat khusus yang berongga dan ketika terisi oleh darah penis menjadi keras dan kaku maka terjadi ereksi.

Ereksi kadang-kadang terjadi pada saat tidur hingga mengalami ejakulasi. Pada ejakulasi dikeluarkan sel sperma sehingga peristiwa ini sering disebut sebagai "mimpi basah". Jadi ketika anak laki-laki sudah bermimpi basah, organ reproduksinya sudah menghasilkan sel sperma.

4. Masa Tua

Gambar 1.18 *Sumber Doc Mefi*
Manusia lanjut usia

Akhir dari masa perkembangan manusia adalah masa tua, diawali dari usia akhir adolosen sampai tua. Terdapat beberapa perkembangan di usia itu. Mereka telah menyelesaikan sekolah, bekerja, kemudian menikah dan memulai kehidupan berkeluarga. Pertumbuhan otot dan tulangnya sudah terhenti artinya sudah tidak dapat lebih tinggi lagi. Orang yang memiliki umur antara 30-50 tahun adalah berada di masa pertengahan tua. Selama usia ini perkembangan fisik mulai mengalami penurunan. Orang di usia ini sistem peredaran darah pernapasan mulai berkurang efisiensinya. Tulang-tulang mulai agak rapuh dan kulit sudah mulai berkeriput. Orang pada kelompok ini biasanya sibuk dengan keluarganya dan memiliki komitmen kerja yang tinggi.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah pengertian menstruasi?
2. Apakah ciri khas yang dimiliki oleh: balita dan anak-anak; remaja; dewasa; serta manula?

1. Pertumbuhan merupakan pertambahan jumlah atau ukuran misalnya pertambahan panjang lengan, pertambahan lebar daun dan jumlah daun.

   Perkembangan merupakan semua perubahan yang terjadi pada makhluk hidup yang sedang tumbuh.
2. Proses pertumbuhan merupakan proses yang berjalan seiring dengan proses perkembangan dan sulit untuk dipisahkan.
3. Pertumbuhan pada tumbuhan hanya terjadi di tempat tertentu saja, sedangkan pertumbuhan hewan dapat terjadi pada semua jaringan dan organ, walaupun kecepatan pertumbuhannya berbeda pada setiap tempat.
4. Beberapa hal yang dibutuhkan embrio antara lain: perlindungan, suplai makanan, oksigen, dan membuang sisa metabolisme.
5. Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup antara lain: suhu, cahaya, kelembapan, oksigen, air dan mineral, hormon, genetik dan aktivitas tubuh.
6. Metamorfosis merupakan perubahan bentuk yang terjadi pada hewan dari fase muda sampai fase dewasa.
7. Contoh metamorfosis yaitu pada katak dan serangga.
8. Metagenesis adalah terjadinya pergantian generasi antara generasi sporofit dengan generasi gametofit.
9. Contoh metagenesis pada tumbuhan yaitu paku dan lumut, sedangkan pada hewan, misalnya hydra dan ubur-ubur.
10. Pertumbuhan pada tumbuhan disebabkan oleh adanya jaringan meristematik atau titik tumbuh yaitu jaringan yang sel-selnya selalu membelah.
11. Titik tumbuh pada tumbuhan monokotil terdapat di ujung akar dan ujung batang.
12. Titik tumbuh pada tumbuhan dikotil terdapat pada ujung batang dan kambium.

UJI KOMPETENSI

I. Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Pengertian pertumbuhan yang terjadi pada makhluk hidup ialah ....
   a. proses menuju dewasa
   b. penambahan ukuran dan jumlah
   c. perubahan bentuk terus menerus
   d. penyebaran spesies yang luas
2. Pengertian perkembangan yang terjadi pada makhluk hidup adalah ....
   a. proses menjadi dewasa
   b. penambahan ukuran dan jumlah
   c. perubahan bentuk terus menerus
   d. penyebaran spesies yang luas.
3. Janin yang ada alam rahim memperoleh makanan dari ibu melalui ....
   a. cairan amnion
   b. saluran telur
   c. plasenta
   d. ovarium
4. Suhu minimum tumbuhan di daerah tropis kurang lebih sekitar ....
   a. 10^{o} C c. 20^{o} C
   b. 15^{o} C d. 25^{o} C
5. Pertumbuhan tumbuhan yang cepat di tempat yang gelap disebut ....
   a. estivasi c. etiolasi
   b. adaptasi d. morfologi
6. Untuk keperluan fotosintesis tumbuhan memerlukan ....
   a. gas oksigen
   b. air
   c. energi
   d. hormon
7. Saat ini pertumbuha mulai terhenti, sistem peredaran darah mulai menurun efisiensinya, dan sudah terjadi kematangan secara seksual. Hal ini terjadi pada rentang masa usia ....
   a. 6 - tahun
   b. 12 - 21 tahun
   c. 65 tahun ke atas
   d. 30 - 50 tahun ke atas
8. Untuk menyusun protein dan asam nukleat tumbuhan memerlukan ....
   a. fosfat c. natrium
   b. kalium d. nitrogen
9. Hormon ini berfungsi untuk memacu pembentukan tunas, mempercepat pertumbuhan bunga dan buah adalah ....
   a. sitokinin
   b. auxin
   c. giberilin
   d. asam absisat
10. Hormon Etilina pada tumbuhan berfungsi untuk ....
    a. mempercepat pengguguran daun
    b. menghambat proses pemasakan buah
    c. memacu proses pemasakan buah
    d. mempengaruhi pertumbuhan
11. Hormon yang berfungsi dalam proses metamorfosis serangga adalah ....
    a. ekdison
    b. tiroksin
    c. adrenalin
    d. somatotropin

12. Hormon yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan hewan amfibi, yaitu ....
    a. tiroksin   c. sitokinin
    b. auxin   d. juvenil
13. Faktor pembawa sifat menurun yang terdapat pada sel-sel makhluk hidup adalah ....
    a. protoplasma
    b. sitoplasma
    c. gen
    d. inti sel
14. Perubahan bentuk yang terjadi antara hewan fase muda sampai fase dewasa disebut ....
    a. metamorfosis
    b. metagenesis
    c. simbiosis
    d. antibiosis
15. Masa remaja ditandai dengan pubertas. Pada perempuan terjadi dengan adanya perubahan bentuk tubuh dan menstruasi. Hal ini dapat terjadi karena ....
    a. terjadi pertumbuhan di dalam rahim
    b. terjadi pembuahan di dalam rahim
    c. terlepasnya sel telur dari ovariuim
    d. terlepasnya dinding dalam rahim karena tidak ada pembuahan

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat dan jelas!

1. Apakah perbedaan pengertian pertumbuhan dengan perkembangan?
2. Apa sajakah faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup!
3. Apakah perbedaan pengertian antara metamorfosis dengan metagenesis, serta beri 2 contoh masing-masing?
4. Sebutkan tiga daerah pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan berbiji yang sedang aktif tumbuh!
5. Apakah ciri-ciri remaja yang mengalami pubertas?

BAB 2

SISTEM GERAK PADA MANUSIA

Standar Kompetensi:

Memahami berbagai sistem dalam kehidupan manusia.

Kompetensi Dasar:

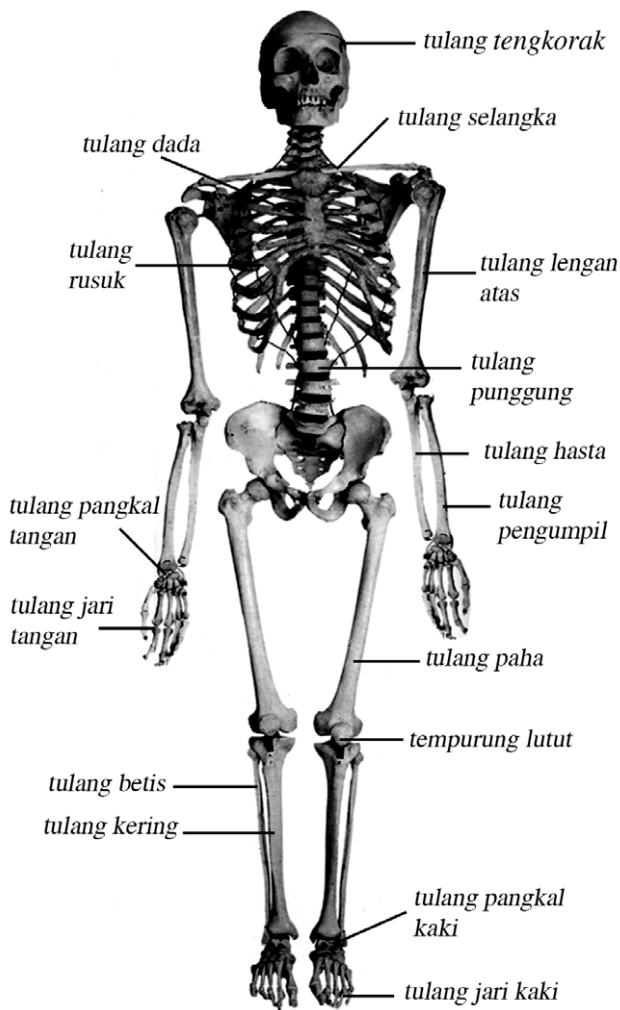
Mendeskripsikan sistem gerak pada manusia dan hubungannya dengan kesehatan.

Manusia memiliki kemampuan untuk bergerak seperti berjalan, berlari, dan melompat.

Kemampuan melakukan gerakan tubuh pada manusia didukung adanya sistem gerak. Sistem gerak pada manusia merupakan hasil kerja sama yang baik antarorgan sistem gerak, seperti rangka (tulang), otot, sendi, dan saraf.

A. RANGKA TUBUH MANUSIA

Tulang-tulang yang menyusun rangka tubuh manusia terbagi atas 3 kelompok, sebagai berikut.

1) Tulang yang membentuk tengkorak.
2) Tulang yang membentuk rangka badan.
3) Tulang anggota gerak.

Sumber: Jendea Iptek Tubuh Musia

Gambar 2.1 Rangka Manusia

1. Tulang Tengkorak

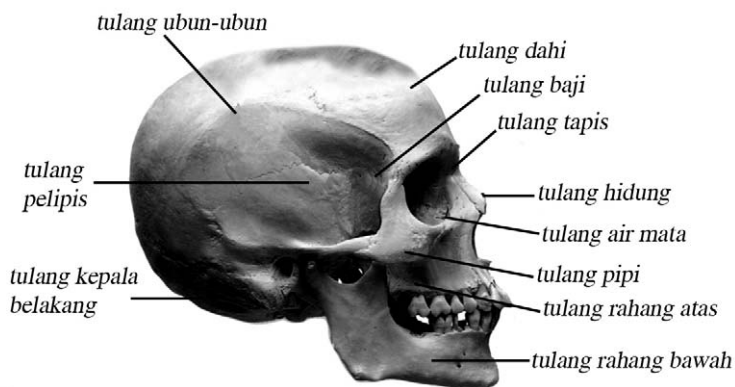
Tulang-tulang tengkorak berbentuk pipih, saling berhubungan, dan membentuk rongga. Tulang-tulang ini melindungi otak yang ada di dalamnya. Tulang tengkorak terdiri atas tulang tengkorak bagian kepala (tempurung kepala) dan tulang tengkorak bagian muka (wajah).

a. Tulang tengkorak bagian muka terdiri atas:

1) tulang rahang atas (2 buah)
2) tulang rahang bawah (2 buah)
3) tulang langit-langit (2 buah)
4) tulang hidung (2 buah)
5) tulang pipi (2 buah)
6) tulang mata (2 buah)
7) tulang pangkal lidah (1 buah)

Pada tulang muka, hanya tulang rahang bawah yang dapat digerakkan terhadap tulang rahang atas, yaitu pada saat mengunyah atau berbicara.

b. Tulang tengkorak bagian kepala (tempurung kepala) terdiri atas:

1) tulang kepala belakang (1 buah)
2) tulang ubun-ubun (2 buah)
3) tulang dahi (1 buah)
4) tulang baji (2 buah)
5) tulang pelipis (2 buah)
6) tulang tapis (2 buah)

Gambar 2.2 *Sumber: Jendela Iptek Tubuh manusia*

Tulang-tulang tengkorak manusia.

2. Tulang Badan

Tulang badan terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian dada, bagian belakang, dan bagian gelang. Rangka badan berfungsi untuk melindungi organ-organ tubuh yang terletak di dalam rongga badan. Misalnya jantung dan paru-paru.

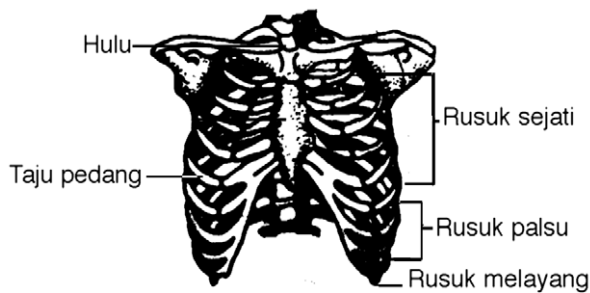
a. Bagian dada

Pada bagian dada terdiri atas tulang dada dan tulang rusuk. Tulang dada merupakan tempat melekatnya tulang rusuk bagian depan. Bentuk tulang dada pipih sepanjang 15 cm dan terletak di bagian tengah dada.

1) Tulang dada terdiri atas:
   a) bagian hulu
   b) bagian badan
   c) bagian taju pedang

   Bagian hulu merupakan tempat melekatnya tulang selangka, sedangkan bagian badan tempat melekatnya tujuh pasang tulang rusuk. (Lihat gambar 2.3)

2) Tulang Rusuk

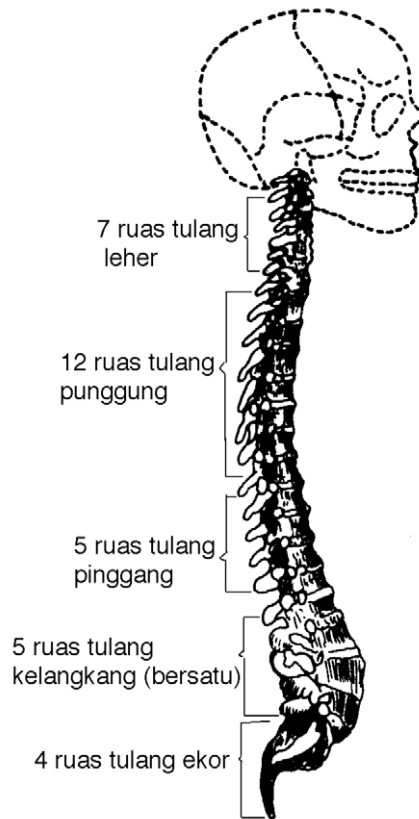
   Tulang rusuk terdiri atas tulang-tulang sebagai berikut.
   a) Tulang rusuk sejati (6 pasang), melekat pada tulang punggung dan tulang dada.
   b) Tulang rusuk palsu (3 pasang), bagian belakang melekat pada tulang punggung, sedangkan bagian muka melekat pada tulang rusuk di atasnya.
   c) Tulang rusuk melayang (3 pasang), bagian belakang melekat pada tulang punggung, sedangkan bagian depan melayang.

Gambar 2.3
Tulang-tulang dada dan tulang rusuk manusia.

b. Bagian belakang

Tulang bagian belakang terdiri atas tulang-tulang pendek yang letaknya tersusun rapi disebut ruas tulang belakang berjumlah 33 ruas. Ruas tulang belakang berada di tengah tubuh yang menopang seluruh tubuh dan melindungi organ-organ lunak di dalam rongga tubuh. Selain itu, menyokong tubuh dan menjaga kestabilan tubuh.

Penyusun tulang bgian belakang adalah:

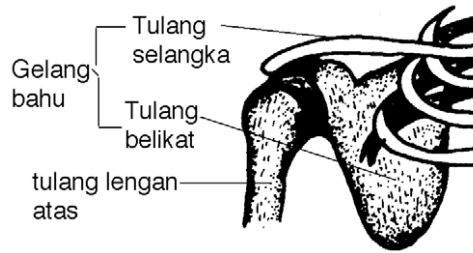
1) 7 ruas tulang leher
2) 12 ruas tulang punggung

3) 5 ruas tulang pinggang
4) 5 ruas tulang kelangkang
5) 4 ruas tulang ekor

Gambar 2.4
Susunan tulang belakang manusia.

Ruas-ruas tulang belakang membentuk sumbu tubuh yang tidak lurus. Bila dilihat dari samping tulang belakang berbentuk melengkung, hal ini untuk menunjang keseimbangan badan. Ruas tulang belakang saling berhubungan melalui saluran di tengah setiap ruas. Saluran tersebut melindungi sumsum tulang di sepanjang tulang belakang ruas pertama tulang leher disebut tulang atlas yang berfungsi menyangga kepala. Pada orang dewasa, kelima ruas tulang kelangkang menyatu. Penyatuan tulang ini terjadi pada usia antara 16 sampai 25 tahun. Demikian juga dengan tulang ekor, keempat ruas tulang tersebut menyatu pada usia antara 20 sampai 30 tahun.

c. Bagian Gelang

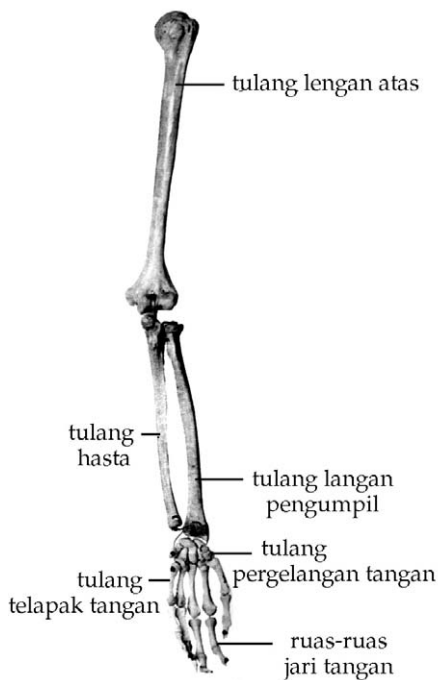
Tulang-tulang bagian gelang terdiri atas gelang bahu dan gelang panggul.

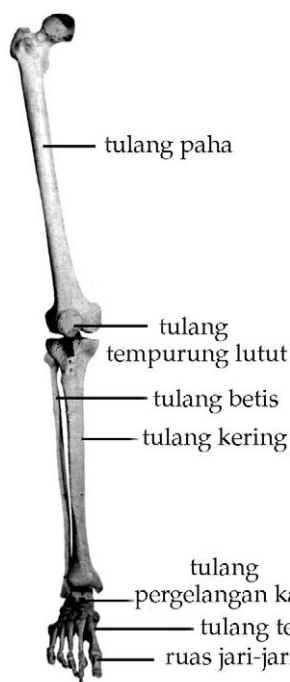
1) Gelang bahu, terdapat 2 buah tulang belikat yang melekat pada tulang rusuk dan 2 buah tulang selangka yang melekat pada tulang dada.

Gambar 2.5 Gelang bahu pada manusia

2) Gelang panggul terdiri atas
   a) 2 buah tulang usus (fleum).
   b) 2 buah tulang kemaluan (peunibis).
   c) 2 buah tulang duduk (isclium).

   Yang semuanya bergabung menjadi satu kesatuan

3 Tulang anggota gerak (lengan dan kaki)

Tulang anggota gerak dibedakan menurut tempatnya menjadi 2, yaitu tulang anggota gerak atas dan bagian bawah.

a. Anggota gerak atas, tersusun:
   1) Tulang bagian atas (2 buah)
   2) Tulang hasta (2 buah)
   3) Tulang pengupil (2 buah)
   4) Tulang pergelangan tangan (2 x 8 buah)
   5) Tulang telapak tangan (2 x 5 buah)
   6) Tulang jari tangan (1 x 14 buah) dengan setiap jari terdiri atas 3 ruas kecuali ibu jari 2 ruas

Gambar 2.6 (a)
Tulang anggota gerak atas.

b. Anggota gerak bagian bawah terdiri atas:
   1) Tulang paha (2 buah)
   2) Tulang kering (2 buah)
   3) Tulang tempurung lutut (2 buah)
   4) Tulang betis (2 buah)
   5) Tulang pergelangan kaki (2 x 7 buah)
   6) Tulang telapak kaki (2 x 5 buah)
   7) Tulang jari kaki (2 x 14 buah)

Gambar 2.6 (b)
Tulang anggota gerak bawah

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apa ajakah tulang penyusun rangka manusia?
2. Pada tulang muka, tulang manakah yang dapat digerakkan?
3. Apa sajakah bagian-bagian tulang dada manusia?
4. Berapa pasangkah jumlah tulang rusuk sejati itu?
5. Tersusun atas tulang apa sajakah gelang panggul itu?

B. TULANG RAWAN, TULANG KERAS, OTOT, dan SENDI

Rangka manusia tersusun oleh kurang lebih 200 potong tulang yang saling berhubungan. Tulang berfungsi sebagai alat gerak pasif dan otot menjadi alat gerak aktif. Alat gerak pasif terdiri atas tulang-tulang pembentuk rangka tubuh. Adapun alat gerak aktif terdiri atas otot-otot yang menempel pada tulang rangka. Berdasarkan bahan pembentuknya tulang dibedakan menjadi dua, yaitu tulang rawan dan tulang keras.

1. Tulang Rawan

Pada saat masih bayi, rangka manusia sebagian besar berupa tulang rawan (*kortilago*). Selama masa perkembangannya tulang rawan tersebut lambat laun berubah menjadi tulang keras. Ada beberapa tulang rawan yang tidak berubah menjadi tulang keras, yaitu cuping hidung, daun telinga, dan laring.

Ada 3 jenis tulang rawan sebagai berikut.

a. Tulang rawan hialin, terdapat pada dinding trakea, ujung tulang tungkai, dan lengan anggota badan (cakra epifisia tulang pipa), sendi tulang, serta antara tulang rusuk dan tulang dada.
b. Tulang rawan elastis bersifat lentur, terdapat pada hidung dan daun telinga.
c. Tulang rawan serabut, bersifat kuat tetapi kurang lentur dibanding tulang rawan lainnya, terdapat pada antarruas tulang belakang.

Tulang rawan banyak mengandung zat perekat berupa protein dan mengandung sedikit zat kapur sehingga bersifat lentur.

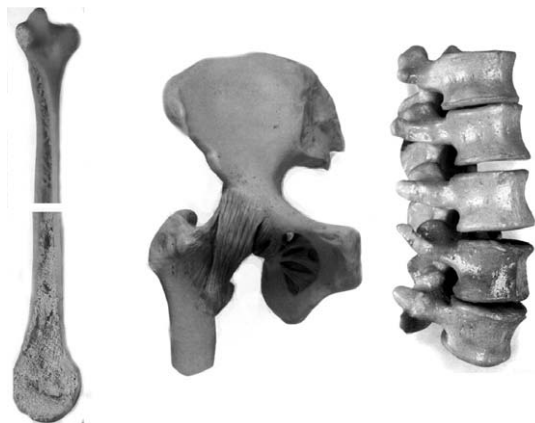
2. Tulang Keras

Tulang (tulang keras) berasal dari tulang rawan. Proses dari tulang rawan menjadi tulang disebut *osifikasi*. Proses ini dimulai dengan timbulnya pembuluh darah pada tulang rawan dan sel tulang (*osteoblas*) menghasilkan jaringan tulang misalnya pada tulang paha. Akan tetapi, tidak semua tulang berasal dari tulang rawan, misalnya tengkorak berasal dari jaringan korektif di bawah kulit.

Tulang bersifat keras tidak lentur karena ruang antarsel tulang banyak berisi zat kapur, yaitu kalsium karbonat, kalsium fosfat, sedikit zat perekat, dan protein. Proses pengerasan tulang dipengaruhi oleh Vitamin D. Dengan demikian kekurangan vitamin D dapat berakibat tulang menjadi rapuh.

Bagian luar tulang diselaputi oleh selapis jaringan ikat yang liat. Lapisan ini disebut *periosteum* yang merupakan tempat melekatnya otot. Bila irisan tulang dilihat dengan mikroskop, terlihat kelompok lingkaran yang berlapis-lapis. Lingkaran tersebut mengelilingi saluran *havers*. Di dalam saluran havers terdapat pembuluh darah yang berfungsi memberikan makanan pada sel tulang yang berada pada setiap lapisan.

Berdasarkan bahan penyusunnya ada dua macam tulang, yaitu tulang kompak dan tulang spons. Tulang kompak mempunyai bahan penyusun yang rapat dan padat, misalnya lapisan luar tulang pipa. Tulang spons mempunyai bahan penyusun yang berongga, misalnya tulang pendek, tulang pipih, dan ujung tulang panjang dekat sambungan tulang.

Menurut bentuk dan ukurannya, tulang dibedakan menjadi empat jenis, yaitu tulang pendek, tulang pipa, tulang pipih, dan tulang tidak beraturan. Tulang pendek berbentuk seperti silinder dan berfungsi agar tulang dapat bergerak bebas, terdapat pada pergelangan tangan dan kaki, telapak tangan dan kaki, serta ruas-ruas tulang belakang. Tulang pipa atau tulang panjang berbentuk bulat dan panjang seperti pipa berfungsi untuk artikulasi, contohnya tulang hasta, tulang paha, dan tulang betis. Tulang pipih, berbentuk pipih dan lebar serta berfungsi untuk melindungi struktur di bawahnya, contoh pelvis, tulang belikat, tempurung kepala, dan tulang rusuk. Tulang tidak beraturan, berbentuk kompleks dan berhubungan dengan fungsi khusus, contoh tulang punggung dan tulang rahang.

Sumber: Jendela Iptek Tubuh Manusia

a) Tulang pipa *b) Tulang pip* *c) Tulang pendek*

Gambar 2.7 Berbagai bentuk tulang

3. Otot

Tulang tidak dapat bergerak jika tidak digerakkan oleh otot. Persendian tulang sebagai suatu konstruksi untuk pergerakan, dikelilingi oleh otot. Otot mampu menghasilkan gerak karena adanya sel otot sehingga disebut alat gerak aktif.

Dalam kehidupan sehari-hari kita kenal istilah daging. Istilah ini sebenarnya sama dengan istilah otot. Dengan demikian otot adalah suatu jaringan, artinya sel-sel otot bergabung menjadi serabut otot, serabut otot membentuk otot. Otot dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu *otot polos*, *otot lurik*, dan *otot jantung*.

a. Otot Polos

Otot polos berbentuk seperti gelendong karena bagian tengahnya besar, sedangkan ujungnya meruncing serta mempunyai inti sel yang berada di tengah. Sifat kerja otot polos adalah bergerak lamban dan dipengaruhi oleh saraf otonom. Dengan demikian, otot polos bekerja di luar kesadaran kita atau disebut otot tak sadar. Otot ini banyak terdapat pada dinding usus, pembuluh darah, saluran pencernaan, saluran pernapasan, alat kelamin, dan organ ekskresi.

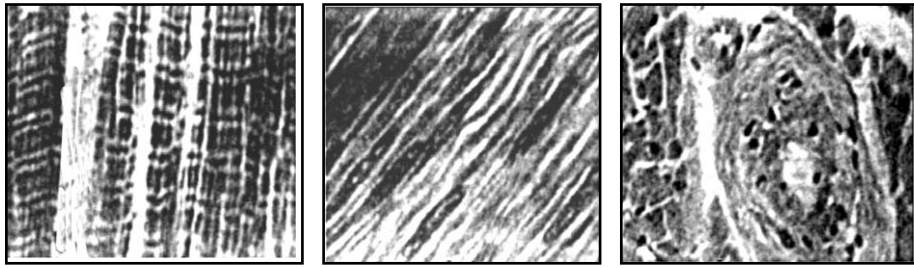
b. Otot Lurik

Otot lurik berbentuk panjang, mempunyai bagian gelap dan bagian terang yang berselingan. Selain itu, otot lurik mempunyai banyak inti sel. Dilihat dari sifatnya, otot lurik bekerja di bawah kesadaran kita atau disebut otot sadar. Hal ini menyebabkan otot lurik bergerak kuat dan cepat. Banyak terdapat pada otot-otot rangka. Apabila berkumpul akan membentuk *tendon*, baik berupa *origo* ataupun *insersi*.

Jika sering dilatih, ukuran otot tersebut akan membesar atau *hipertrofi*. Sebaliknya, jika otot tidak digunakan, lama-kelamaan akan menyusut atau *atrofi*. Latihan otot dan olahraga yang teratur akan memperkuat dan menyehatkan otot kita.

c. Otot Jantung

Otot jantung terdapat pada jantung tersusun memanjang, mempunyai serabut yang bercabang, dan mengadakan *anastomose*. Selain itu, terdapat garis atau serat melintang berwarna gelap, serta mempunyai banyak inti sel.

Dilihat dari sifat kerjanya, otot jantung bekerja di luar kesadaran kita. Hal ini dikarenakan otot polos berada di bawah pengaruh saraf otonom. Dengan demikian, otot jantung mempunyai ciri khas dan bentuk seperti otot lurik, akan tetapi cara kerjanya seperti otot polos.

Sumber: Belajar Biologi SLTP kelas II, 2003

(a) *(b)* *(c)*

Gambar 2.8 Macam-macam otot

Keterangan:

(a) otot lurik atau serat lintang

(b) otot polos

(c) otot jantung

Gerak Pada Otot

Otot dapat bergerak karena adanya kontraksi yang berasal dari rangsangan serabut-serabut saraf. Jika otot rangka berkontraksi, tulang-tulang akan tertarik dan bergerak pada sendinya. Gerakan otot dapat dibedakan menjadi gerakan otot yang searah atau sinergis dan gerakan otot yang bertolak belakang atau antagonis.

a. Sinergis

Sinergis adalah kontraksi otot yang bekerja sama dalam satu jurusan gerak sehingga menimbulkan gerak searah, misalnya *gerak pronasi*. Gerak ini disebabkan kerja sama otot-otot pronator, yaitu *pronator teres* dan *pronator quadratus* yang terletak pada lengan bawah yang dapat menggerakkan telapak tangan menelungkup.

b. Antagonis

Antagonis adalah kontraksi otot yang menimbulkan efek gerak berlawanan, misalnya kerja otot bisep dan trisep pada lengan. Otot bisep terletak pada lengan atas bagian depan, sedangkan otot trisep terletak pada lengan atas bagian belakang. Jika otot bisep berkontraksi, lengan bawah akan terangkat. Sebaliknya, jika otot trisep berkontraksi, lengan bawah akan kembali ke kedudukan semula.

1) meluruskan >< membengkokkan
   (ekstensor) (fleksor)

   Contoh: gerak kaki melipat ke bawah lalu kembali lurus.

2) menjauhi sumbu >< mendekati sumbu
   (abduktor) (adduktor)

   Contoh: gerak tangan menjauhi bahu (seperti burung terbang) dan kembali ke keadaan semula.

3) Ke bawah >< ke atas
   (depresor)   (elevator)
   Contoh: gerak kepala menunduk dan menengadah.
4) menengadah >< menelungkup
   (supinator)   (pronator)
   Contoh: gerak telapak tangan menengadah dan menelungkup.

4. Hubungan Antartulang atau Persendian.

Hubungan antartulang merupakan tempat bertemunya tulang yang satu dengan tulang yang lain. Hubungan antartulang ini ada yang dapat mengakibatkan gerak dan ada yang tidak dapat mengakibatkan gerak. Hubungan tulang yang memungkinkan pergerakan disebut persendian. Tulang yang berbongkol akan masuk ke dalam lekuk tulang yang lain. Berdasarkan dapat atau tidaknya sendi digerakkan, sendi dibedakan menjadi sendi mati, sendi kaku, dan sendi gerak.

a. Sendi mati

Sendi mati adalah hubungan antartulang yang sangat sedikit bisa digerakkan. Contohnya, sendi yang terdapat pada tulang tengkorak.

b. Sendi kaku

Sendi kaku adalah hubungan antartulang yang memungkinkan adanya sedikit gerakan. Misalnya, hubungan antartulang rusuk dan tulang dada.

c. Sendi gerak

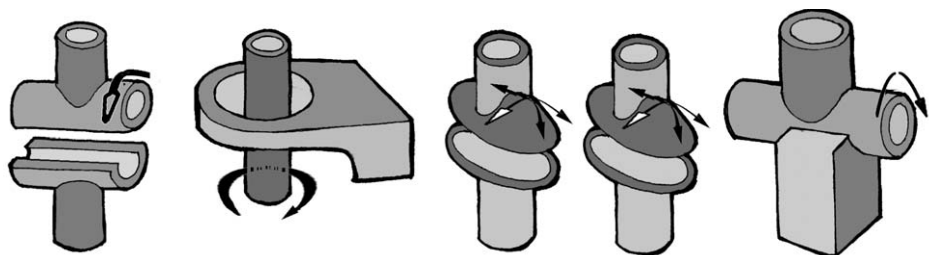
Sendi gerak adalah hubungan antartulang yang memungkinkan adanya gerak bebas, walaupun arah gerakannya tertentu saja. Pada sendi gerak ini tulang mudah bergerak karena adanya ligamen, kapsul, pelumas, dan cairan sinovial, serta membran sinovial.

Berdasarkan arah geraknya, sendi gerak dibedakan menjadi empat jenis. Di antaranya sendi peluru, sendi engsel, sendi putar, dan sendi pelana.

Pada sendi peluru, gerakannya ke segala arah. Misalnya, terdapat pada pangkal lengan, tulang lengan atas dengan tulang belikat, dan tulang paha dengan tulang panggul.

Sendi engsel, gerakannya terbatas hanya satu arah. Misalnya, terdapat pada siku atau lutut.

Pada sendi putar, ujung tulang yang satu berputar pada tulang lainnya. Sendi putar ini terdapat di antara tulang hasta dan tulang pengumpil.

Pada sendi pelana gerakan dilakukan dua arah, yaitu ke depan atau ke belakang, ke kiri atau ke kanan. Kedua ujung tulang membentuk sendi berbentuk pelana. Sendi pelana terdapat pada ujung tulang antara ibu jari tangan dan tulang telapak tangan.

Sumber: Belajar Biologi SLTP II, 2003

(a) sendi engsel *(b) sendi putar* *(c) sendi peluru* *(d) sendi pelana*

Gambar 2.9 Macam-macam sendi gerak.

5. Kelainan dan Gangguan Pada Tulang

Kelainan dan gangguan pada tulang dapat disebabkan oleh berbagai hal, misalnya infeksi, kerusakan tulang, dan kebiasaan buruk atau kebiasaan mengangkat beban yang terlalu berat pada bagian tubuh tertentu.

a. Gangguan infeksi

Gangguan akibat infeksi ada dua macam, yaitu *artritis eksudatif* dan *artritis sika*. Artritis eksudatif adalah gangguan tulang yang menimbulkan rasa sakit ketika digerakkan karena adanya radang getah dalam sendi. Gangguan ini terjadi apabila sendi terkena infeksi. Adapun artritis sika adalah gangguan yang menyebabkan tulang berbunyi ketika digerakkan dan menimbulkan rasa nyeri akibat berkurangnya cairan sinovial.

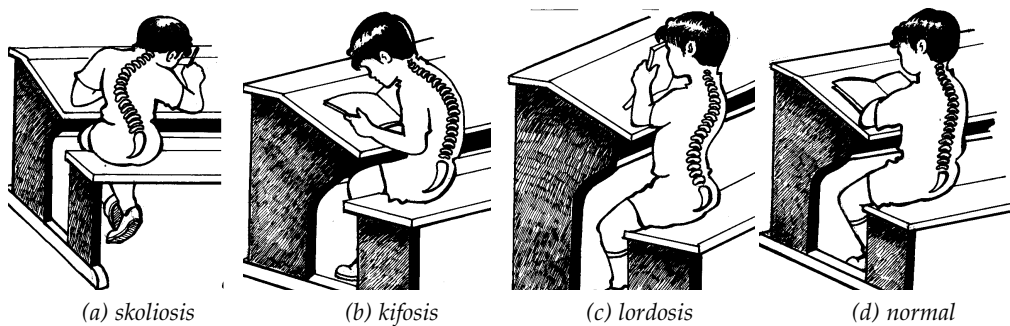
b. Kerusakan tulang

Beberapa hal yang menyebabkan kerusakan tulang, antara lain memar, fraktura, fisura, dan urai sendi.

Memar adalah sobeknya selaput sendi, dan fraktura adalah tulang pipa retak. Adapun fisura adalah patahnya tulang pipa, dan urai sendi adalah lepasnya ujung tulang dengan sendi.

c. Kebiasaan buruk

Kebiasaan buruk pada waktu duduk atau berdiri yang salah dapat mengakibatkan kelainan bentuk tulang belakang, misalnya, lordosis, kifosis, dan skoliosis. Lordosis adalah keadaan tulang belakang melengkung ke depan akibat sikap duduk terlalu condong ke belakang, misalnya, kebiasaan menulis di meja yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kelainan ini. Kifosis adalah keadaan tulang belakang melengkung ke belakang akibat sikap duduk terlalu membungkuk. Hal ini terjadi karena kebiasaan menulis pada meja yang terlalu pendek atau rendah. Sementara itu, skoliosis adalah keadaan tulang belakang yang melengkung ke samping. Misalnya terlalu sering membawa beban berat di sebelah kiri atau kanan. Selain itu, dapat pula terjadi karena sikap duduk yang salah ketika menulis. Kelainan bentuk-bentuk tulang ini dapat dilihat dengan foto sinar-X.

(a) skoliosis *(b) kifosis* *(c) lordosis* *(d) normal*

Gambar 2.10 Macam-macam kelainan pada tulang.

Kegiatan 2. Rangka Tubuh manusia

1. Tujuan : Untuk mengamati bagian-bagian penyusun tubuh manusia.
2. Alat : Model rangka tubuh manusia.
3. Langkah kerja:
   a) Amati tulang yang menyusun tengkorak, badan, dan anggota gerak manusia!
   b) Sebutkan tulang yang menyusun tengkorak, badan, dan anggota gerak manusia!
   c) Tulis hasil pengamatanmu!

Diskusi:

1. Tulang apa sajakah yang membentuk tulang tengkorak?
2. Tulang apa sajakah yang membentuk anggota badan?
3. Berdasarkan bentuk dan ukurannya tulang dibedakan menjadi 4 jenis, sebut dan sertakan masing-masing sebuah contoh!

4,. Apakah perbedaan tulang rawan dan tulang keras?

5. Mengapa tulang disebut sebagai alat gerak pasif dan otot adalah alat gerak aktif?

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Tersusun atas zat apa sajakah tulang keras itu?
2. Tulang rawan manakah yang tidak dapat berubah menjadi tulang keras?
3. Otot merupakan alat gerak aktif, bagaimana maksudnya?
4. Apa sajakah jenis otot manusia?
5. Apakah pengertian persendian itu?

Gangguan dan Kelainan Otot

a. Kram

Disebabkan oleh kejang otot. Otot tiba-tiba berkontraksi sangat kuat sehingga sakit. Kram bisa terjadi saat cuaca dingin atau aktivitas otot terlalu berat. Kram bisa juga merupakan gejala ketidakseimbangan air dan ion di dalam tubuh.

b. Nyeri Otot

Nyeri otot umumnya diderita orang berusia lanjut. Penyakit ini mungkin disebabkan pembengkakan jaringan penghubung otot. Jaringan yang membengkak menekan ujung saraf dan pembuluh darah. Akibatnya, aliran darah terhambat dan timbul rasa nyeri. Nyeri otot biasanya kambuh pada cuaca dingin dan dapat diatasi dengan pijat dan menghangatkan diri.

c. Polio

Polio disebabkan infeksi virus pada saraf yang mengendalikan gerakan otot rangka. Orang yang terserang penyakit polio dapat menjadi lumpuh. Penyakit polio dapat dicegah dengan imunisasi polio pada bayi.

d. Sawan

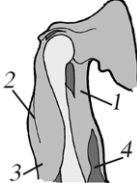
Sawan adalah kontraksi dari beberapa kelompok otot yang tidak terkoordinasi. Sawan bisa terjadi akibat gangguan pada otak.

e. Keseleo

Keselo terjadi di daerah sendi dan ligamen sendi. Otot atau tendon dapat putus akibat tarikan yang tiba-tiba dan kuat.

1. Tulang penyusun rangka tubuh manusia terbagi atas 3 kelompok, yaitu tulang pembentuk tengkorak, tulang pembentuk rangka badan, dan tulang anggota gerak.
2. Tulang tengkorak tersusun oleh tulang pipih yang terdiri atas tulang tempurung kepala dan tulang tengkorak bagian muka.
3. Tulang dada tersusun atas: bagian hulu, bagian badan dan bagian taju pedang.
4. Tulang rawan banyak mengandung zat perekat berupa protein dan mengandung sedikit zat kapur sehingga bersifat lentur.
5. Otot mampu menghasilkan gerak karena adanya sel otot sehingga otot disebut sebagai alat gerak aktif.
6. Otot dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.
7. Gerakan otot dapat dibedakan menjadi gerakan otot searah (sinergis) dan gerakan otot yang berlawanan (antagonis).
8. Berdasarkan dapat atau tidaknya sendi digerakkan maka sendi dibedakan menjadi sendi mati, sendi kaku, dan sendi gerak.
9. Berdasarkan arah gerakannya, sendi gerak dapat dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu sendi peluru, sendi engsel, sendi putar dan sendi peluru.
10. Gangguan dan kelainan pada tulang dapat disebabkan oleh berbagai hal, misalnya infeksi, kerusakan tulang, dan kebiasaan buruk.
11. Kebiasaan buruk pada waktu duduk atau berdiri yang salah dapat mengakibatkan kelainan bentuk tulang belakang, misalnya kifosis, lordosis, dan skoliosis.

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d, di depan jawaban yang tepat!

1. Pernyataan:
   1) Memberi bentuk tubuh
   2) Menegakkan tubuh
   3) Melindungi bagian dalam tubuh
   4) Tempat melekatnya otot

   Dari keempat pernyataan di atas, yang merupakan fungsi rangka luar adalah ....
   a. 1) dan 2)
   b. 3) saja
   c. 2) dan 3)
   d. 4) saja
2. Ciri-ciri tulang rawan adalah ....
   a. banyak mengandung zat perekat dan bersifat lentur
   b. banyak mengandung zat kapur dan bersifat lentur
   c. banyak mengandung zat perekat dan bersifat tidak lentur
   d. banyak mengandung zat kapur dan bersifat tidak lentur
3. Kelompok tulang pipih di bawah ini adalah ....
   a. tulang lengan atas, tulang selangka, dan ruas-ruas jari
   b. tulang belakang, tulang paha, dan ruas-ruas jari
   c. tulang belakang dan tulang pergelangan tangan
   d. tulang rusuk, tulang belikat, dan tulang dada
4. Kelompok tulang yang menyusun tubuh manusia adalah ....
   a. tulang tengkorak, tulang badan, dan tulang anggota gerak
   b. tulang tengkorak, tulang belakang, dan tulang anggota gerak
   c. tulang tengkorak, tulang dada, dan tulang kaki
   d. tulang tengkorak, tulang dada, tulang belakang, dan tulang kaki
5. Sendi engsel terdapat pada ....
   a. bahu c. paha
   b. kepala d. siku
6. Sendi peluru pada gambar di bawah ini terdapat pada nomor ....

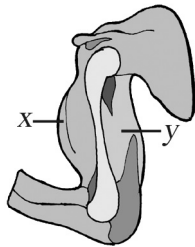
   a. 1 c. 2
   b. 3 d. 4
7. Penyakit polio pada tulang disebabkan oleh ....
   a. kecelakaan
   b. virus
   c. kekurangan zat kapur
   d. kekurangan gizi
8. Kelainan tulang punggung yang membengkok ke depan disebut ....
   a. skoliosis
   b. lordosis
   c. kifosis
   d. artritis
9. Gambar berikut adalah sel otot ....

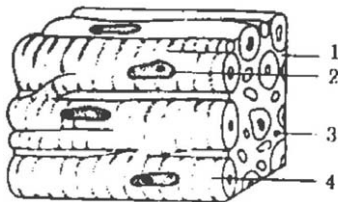
   a. polos
   b. jantung
   c. lurik
   d. serat lintang

10. Otot jantung disebut otot istimewa karena ....
    a. bentuknya seperti otot polos, bekerjanya secara sadar
    b. bentuknya seperti otot lurik, bekerjanya secara sadar
    c. bentuknya seperti otot polos, bekerjanya secara tak sadar
    d. bentuknya seperti otot lurik, bekerjanya secara tak sadar
11. Perhatikan penampang otot di bawah ini! Urat atau tendon ditunjukkan pada nomor ....

    a. 1
    b. 3
    c. 2
    d. 4

Untuk soal nomor 12 sampai 15, perhatikan gambar berikut!

12. Yang diberi tanda X adalah otot ....
    a. bisep
    b. trisep
    c. pronator
    d. antagonis
13. Yang diberi tanda Y adalah otot ....
    a. bisep
    b. trisep
    c. pronator
    d. antagonis
14. Kerja dua otot X dan Y saling berlawanan, disebut ....
    a. pronator
    b. sinergis
    c. antagonis
    d. kontraksi
15. Telungkup dan tengadahnya telapak tangan digerakkan oleh otot yang bekerjanya saling bersamaan, yaitu otot ....
    a. trisep
    b. bisep
    c. sinergis
    d. pronator

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

1. Di manakah terdapat tulang rawan pada tubuh kita?
2. Apakah yang dimaksud osifikasi?
3. Apa yang terjadi pada tulang akibat kebiasaan buruk!
4. Perhatikan gambar berikut!

    a. Apakah nama sel otot pada gambar di atas? Sebutkan ciri-cirinya!
    b. Apa nama bagian yang diberi nomor!
5. Bagaimana ciri-ciri otot yang sedang kontraksi dan relaksasi!

BAB 3

SISTEM PENCERNAAN PADA MANUSIA

Standar Kompetensi:

- *Memahami berbagai sistem dalam kehidupan manusia.*

Kompetensi Dasar:

- *Mendeskripsikan sistem pencernaan pada manusia dan hubungannya dengan kesehatan.*

Semua makhluk hidup memerlukan makanan demi kelangsungan hidupnya. Fungsi makanan bagi tubuh antara lain, untuk memperoleh energi, untuk mengganti sel-sel yang rusak dan untuk membentuk sel-sel baru. Agar makanan dapat memenuhi kebutuhan tubuh maka terlebih dulu makanan harus dicerna. Pencernaan makanan dapat diartikan mengubah makanan dari ukuran beras menjadi sekecil-kecilnya bahkan makanan akan diubah menjadi bentuk larutan. Setelah makanan berubah menjadi larutan, akan diserap oleh darah selanjutnya akan diedarkan ke seluruh sel tubuh.

1. Berdasarkan proses berlangsungnya

a. Pencernaan secara mekanik yaitu makanan dicerna dengan alat-alat pencernaan, misalnya gigi, lidah, dan dinding lambung.
b. Pencernaan secara kimia atau makanan dicerna dengan menggunakan enzim-enzim pencernaan, misalnya, amilase, lipase, renin, dan ptialin.

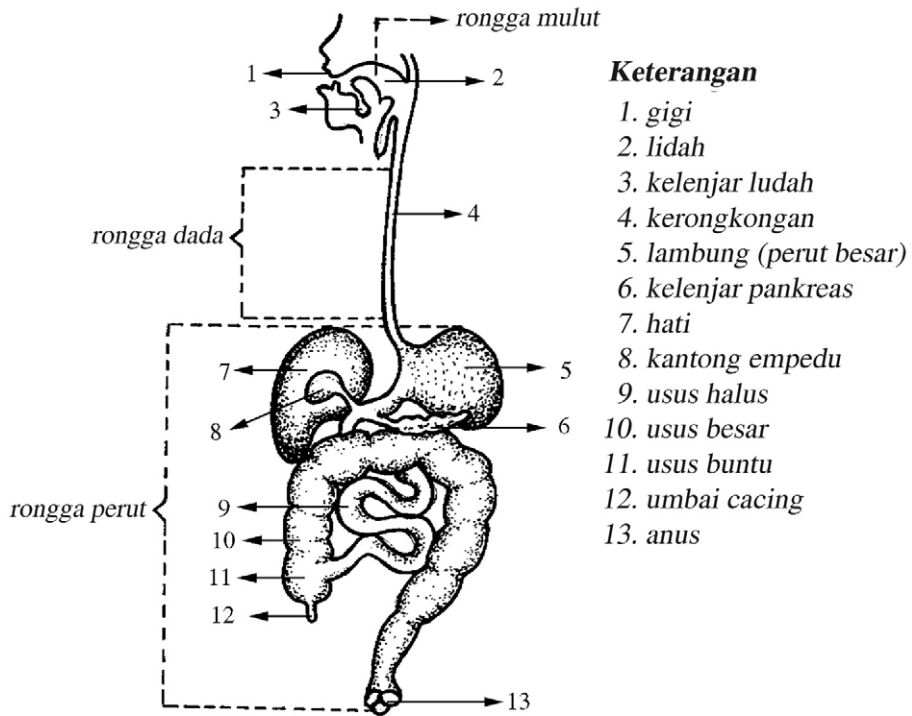
2. Berdasarkan tempat/di mana terjadinya

a. Pencernaan *intrasel* yaitu pencernaan yang terjadi di dalam sel, misalnya pencernaan makanan yang dilakukan oleh hewan-hewan bersel satu.
b. Pencernaan *ekstrasel* yaitu pencernaan yang terjadi di luar sel, misalnya, dilakukan oleh jamur rhizopus, tumbuhan kantong semar dan makhluk tingkat tinggi lainnya.

A. SISTEM PENCERNAAN

Sistem pencernaan pada manusia terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Saluran pencernaan berfungsi untuk mengubah bahan makanan secara mekanik serta mengangkut bahan tersebut.

Kelenjar pencernaan berfungsi untuk menghasilkan enzim yang penting untuk pencernaan secara kimia. Dengan proses pencernaan secara mekanik dan kimiawi tersebut, akhirnya dihasilkan zat makanan yang sesuai dengan kebutuhan tubuh.

Saluran pencernaan makanan dimulai dari mulut, faring, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus. Kelenjar pencernaan terdiri atas kelenjar ludah, kelenjar lambung, hati, pankreas, dan kelenjar usus. Perhatikan susunan sistem pencernaan manusia pada gambar 3.1!

Gambar 3.1 Saluran pencernaan manusia

1. Mulut

Di dalam mulut terdapat alat pencernaan, seperti gigi, lidah, dan kelenjar ludah. Makanan di dalam mulut akan mengalami pengunyahan, pencernaan enzimatis, dan pengaturan letak.

a. Gigi

Fungsi gigi adalah untuk mengunyah, memotong, dan menyobek makanan hingga lembut. Pada manusia terdapat 3 jenis gigi, yaitu gigi taring, gigi seri, dan gigi geraham. Gigi taring berfungsi untuk menyobek makanan, gigi seri berfungsi untuk memotong-motong makanan, sedangkan gigi geraham berfungsi untuk mengunyah makanan.

Pada umumnya manusia mengalami dua kali pergantian gigi. Pada saat anak berumur 0 sampai 6 tahun giginya berjumlah 20 yang dinamakan gigi susu dengan rumus gigi susu sebagai berikut.

Gr	T	S	S	T	Gr	
2	1	2	2	1	2	rahang atas
2	1	2	2	1	2	rahang bawah
Gr	T	S	S	T	Gr	

Keterangan:
Gr = gigi geraham
T = gigi taring
S = gigi seri

Pada orang dewasa giginya berjumlah 32 buah. Gigi pada orang dewasa jika sudah tanggal maka tidak akan tumbuh lagi sehingga dinamakan gigi tetap. Adapun rumus gigi tetap sebagai berikut!

Grb	Grd	T	S	S	T	Grd	Grb	
3	2	1	2	2	1	2	3	rahang atas

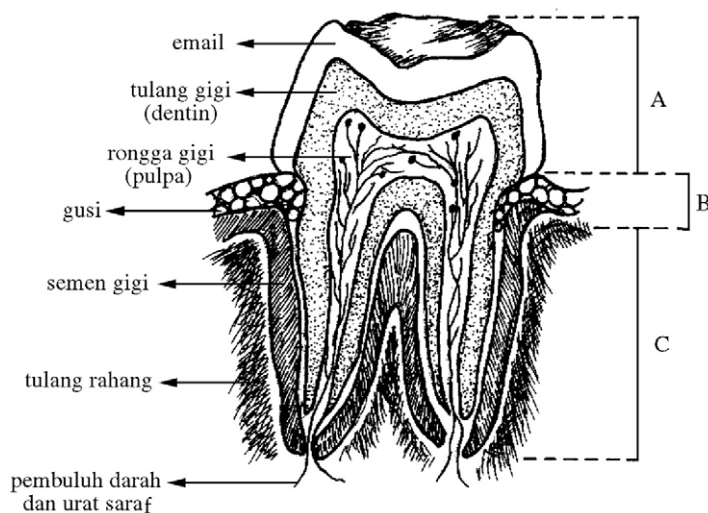
3	2	1	2	2	1	2	3	rahang
Grb	Grd	T	S	S	T	Grd	Grb	bawah

Keterangan:

S = gigi seri

T = gigi taring

Grd = gigi geraham depan

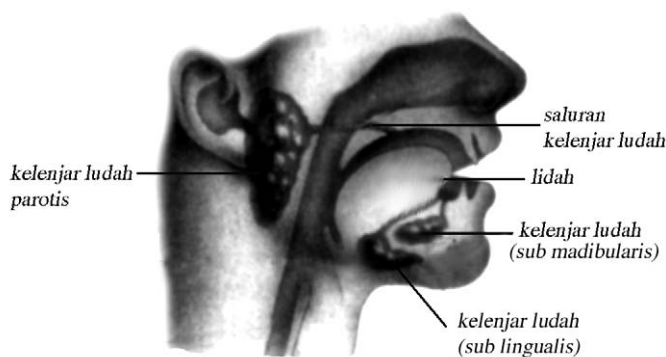
Grb = gigi geraham belakang

Gambar 3.2 Penampang gigi membujur.

Bagian gigi terdiri atas puncak gigi atau mahkota gigi, yaitu bagian yang tampak dari luar gusi; leher gigi adalah bagian yang terbungkus gusi; dan akar gusi adalah bagian yang tertanam pada tulang rahang. Pada puncak gigi terdapat lapisan keras berwarna putih yang disebut *email* yang berfungsi untuk melindungi tulang gigi dan rongga gigi atau *pulpa*. Tulang gigi terbuat dari *dentin* yang keras. Pada rongga terdapat pembuluh darah yang memberikan makanan pada tulang gigi. Selain itu terdapat jaringan saraf yang dapat merasakan keras dan lunaknya suatu makanan serta rasa nyeri saat sakit gigi. Untuk merawat gigi hindarilah makanan yang terlalu banyak mengandung gula dan yang terlalu panas atau dingin.

b. Lidah

Lidah berfungsi sebagai pengecap rasa makanan sebab pada lidah terdapat indera pengecap makanan. Selain itu lidah juga berfungsi membantu menempatkan makanan yang akan kita makan dalam rongga mulut serta membantu proses menelan makanan. Kalian tentu telah mengetahui letak indera pengecap makanan pada lidah terhadap rasa manis, asin, asam, dan pahit, bukan?

Di sekitar rongga mulut terdapat 3 pasang kelenjar ludah yang memproduksi lebih kurang 1,6 liter ludah setiap hari. Getah yang dihasilkan dialirkan ke rongga mulut. Kelenjar ludah tersebut meliputi kelenjar ludah di bawah telinga (*parotis*), kelenjar ludah di bawah rahang bawah (*sub lingualis*), dan kelenjar ludah di bawah lidah (*sub mandibularis*).

Kelenjar ludah menghasilkan cairan yang mengandung *enzim ptialin* atau *enzim amilase*, yang berfungsi mengubah zat tepung (amilosa) menjadi senyawa gula (maltosa). Jadi, di dalam rongga mulut terjadi 2 macam pencernaan, yang pertama pencernaan mekanik, yaitu pada waktu makanan dihancurkan atau dikunyah oleh gigi; yang kedua pencernaan kimiawi, yaitu pada waktu sebagian zat tepung diubah oleh enzim ptialin menjadi gula.

Sumber: IPA Biologi Erlangga

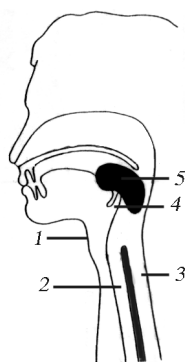
Gambar 3.3 Letak kelenjar ludah

2. Kerongkongan (Esofagus)

Kerongkongan merupakan penghubung antara rongga mulut dan lambung yang terletak di antara pembuluh hawa dan ruas tulang leher. Panjang kerongkongan kurang lebih 20 cm, pada pangkalnya terdapat faring atau tekak yang berfungsi mengatur masuknya makanan. Jika kita makan sambil bicara akan mengganggu kerja faring yang mengakibatkan kita tersedak.

Perjalanan makanan dari kerongkongan sampai lambung kurang lebih enam detik. Gerak kerongkongan mendorong disebut *gerakan peristaltik*. Gerak peristaltik dapat terjadi karena kerongkongan tersusun atas otot yang memanjang dan melingkar.

Kerongkongan menghasilkan lendir. Walaupun tidak menghasilkan amilase, tetapi enzim ini masih bekerja pada kerongkongan. Jadi, pencernaan makanan masih berlangsung pada kerongkongan.

Gambar 3.4 Kerongkongan

Keterangan
1. tenggorokan
2. batang tenggorokan
3. kerongkongan
4. katup tenggorokan
5. makanan

3. Lambung

Lambung terdapat pada perut sebelah kiri, di atas rongga perut di bawah diafragma. Lambung terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian atas (*kardiak*), bagian tengah (*fundus*), dan bagian bawah (*pilorus*).

Lambung memiliki beberapa jenis sel kelenjar sehingga banyak cairan yang dikeluarkan terutama pada bagian fundus yang menghasilkan getah lambung. Getah lambung terdiri atas air, lendir, asam klorida (HCl), enzim renin, dan pepsinogen.

Lambung tersusun atas beberapa lapisan otot yang tersusun secara berbeda, yaitu lapisan otot memanjang, melingkar, dan menyerong. Makanan dicerna oleh otot lambung tersebut secara mekanik atau diremas-remas. Gerakan ini dinamakan gerak peristaltik.

Pencernaan secara kimiawi akan mengemulsikan atau menggumpalkan protein yang terdapat pada susu oleh enzim renin. HCl akan mengaktifkan pepsinogen menjadi enzim pepsin. Enzim pepsin akan mengubah protein menjadi pepton. Di samping itu, HCl dapat membunuh mikroorganisme yang membahayakan bagi tubuh yang berasal dari makanan. Akibatnya, makanan di dalam lambung akan menjadi seperti bubur yang disebut *khime*. Makanan berada di lambung selama dua sampai enam jam. Makanan yang banyak mengandung lemak akan lama dicerna oleh lambung, sedangkan yang banyak mengandung karbohidrat cepat dicerna.

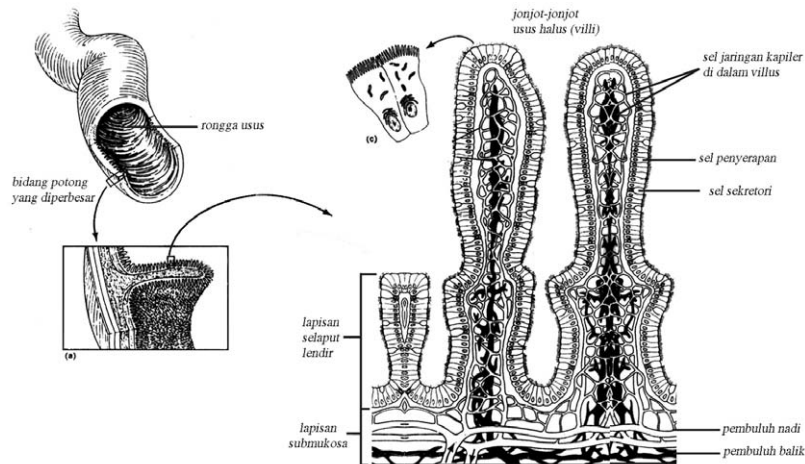
4. Usus Halus

Setelah dari lambung, makanan akan masuk ke dalam usus halus. Usus halus terdiri atas usus dua belas jari (duodenum), usus kosong (jejenum), dan usus penyerapan (ileum).

Pada usus halus terdapat muara dari dua saluran yang berasal dari kandung empedu dan saluran yang berasal dari pankreas. Kantung empedu menghasilkan cairan empedu yang berfungsi untuk mengemulsikan lemak pada makanan. Sementara itu, pankreas menghasilkan cairan pankreas yang mengandung enzim tripsin, enzim amilase, dan enzim lipase. Enzim amilase mengubah zat tepung menjadi gula. Tripsin mengubah protein menjadi asam amino, dan lipase mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.

Makanan yang telah menjadi sari makanan diserap oleh ileum. Dinding usus halus ini membentuk jonjot-jonjot yang menyebabkan permukaan usus menjadi luas sehingga penyerapan sari makanan menjadi optimum.

Pada jonjot terdapat pembuluh darah. Setelah diserap, sari makanan akan diangkut oleh sel darah merah dan diedarkan ke seluruh sel tubuh melalui pembuluh darah.

Zat makanan yang mengalami penceranaan adalah *karbohidrat*, *protein*, dan *lemak*. Adapun vitamin, mineral, dan air tidak mengalami pencernaan. Selanjutnya, sisa makanan akan disalurkan ke usus besar.

Sumber: Biologi 2 SMA Mefi

Gambar 3.5 Struktur usus halus (potongan melintang)

5. Usus Besar

Manusia memiliki panjang usus besar kurang lebih 1 meter yang terdiri atas dua bagian, yaitu usus tebal (kolon) dan poros usus (rektum). Pada usus besar terdapat usus buntu, apabila usus buntu mengalami peradangan akan menimbulkan rasa nyeri.

Usus tebal (kolon) dibedakan menjadi 3 bagian, yaitu bagian yang naik, bagian mendatar, dan bagian menurun. Sisa makanan yang berupa cairan diserap oleh usus besar dan dibusukkan oleh bakteri pembusuk, yaitu bakteri coli. Bakteri ini tidak membahayakan kesehatan, bahkan dapat membentuk vitamin K yang penting dalam pembekuan darah.

Setelah sisa makanan membusuk menjadi feses, kemudian masuk ke rektum, akhirnya feses dikeluarkan melalui anus (dubur).

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah fungsi kelenjar pencernaan pada manusia?
2. Apakah fungsi gigi seri, taring, dan geraham?
3. Di manakah letak 3 pasang kelenjar ludah?
4. Apa sajakah bagian-bagian dari usus halus manusia!
5. Apakah fungsi bakteri coli yang terdapat pada usus besar?

B. FUNGSI MAKANAN BAGI MANUSIA

Ilmu yang mempelajari tentang makanan yang berhubungan dengan kesehatan manusia disebut ilmu gizi. Setiap orang menginginkan kesehatan dan pertumbuhan tubuh yang wajar. Untuk menjamin kehidupan, pertumbuhan yang wajar, serta tingkat kesehatan yang baik, manusia membutuhkan makanan yang baik dan bergizi.

Yang dimaksud makanan bergizi adalah makanan yang mengandung zat-zat yang diperlukan oleh tubuh. Zat-zat tersebut adalah karbohidrat, protein, lemak, mineral, vitamin, dan air. Selain ditinjau dari kelengkapan zat gizinya, makanan juga ditinjau dari nilai kalorinya. Pada dasarnya, kebutuhan kalori ditentukan oleh beberapa faktor antara lain aktivitas tubuh, berat badan, umur, dan jenis kelamin.

Fungsi pokok makanan adalah sebagai berikut.

1. Makanan sebagai Sumber Energi

Pada saat respirasi berlangsung, di dalam sel tubuh terjadi proses pembakaran atau oksidasi biologi. Oksidasi biologi adalah reaksi antara makanan dengan oksigen menghasilkan energi. Energi yang dihasilkan itu diubah menjadi energi yang digunakan untuk melakukan semua proses kegiatan hidup, termasuk mempertahankan suhu tubuh agar tetap stabil. Bahan makanan yang berfungsi sebagai sumber energi utama adalah karbohidrat dan lemak. Karbohidrat terdapat pada nasi, kentang, roti, biji-bijian, dan sebagainya. Lemak yang diperoleh dari hewan disebut lemak hewani. Contoh lemak hewani antara lain keju, daging, susu, mentega, ikan segar, dan telur. Lemak yang berasal dari tumbuhan disebut lemak nabati, misalnya, dari buah alpukat, durian, kelapa, kacang-kacangan, dan kemiri.

2. Makanan sebagai Bahan Pembangun Tubuh

Tubuh manusia dapat bertambah tinggi dan besar karena adanya proses pembelahan yang menghasilkan sel-sel baru. Selain itu, sel tubuh pada suatu saat akan rusak dan perlu perbaikan. Untuk pembelahan dan perbaikan sel diperlukan zat yang dapat membangun sel baru, yaitu protein. Protein dapat diperoleh dari hewan (protein hewani), misalnya, telur, ikan, daging, dan susu, sedangkan protein yang diperoleh dari tumbuhan (protein nabati) misalnya kentang dan kacang-kacangan. Kekurangan protein dalam tubuh mengakibatkan penyakit *kwashiorkor* pada anak-anak dan busung lapar pada orang dewasa.

3. Makanan sebagai Pelindung dan Pengatur

Zat-zat yang secara umum berfungsi mengatur keseimbangan tubuh, keseimbangan asam-basa, mengatur jumlah cairan tubuh, dan memperlancar metabolisme, yaitu vitamin, garam mineral, dan air. Ada dua macam vitamin berdasarkan kelarutannya, yaitu vitamin yang larut dalam air (vitamin B dan C), dan vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E dan K). Kekurangan vitamin dalam makanan sehari-hari akan menimbulkan gangguan kesehatan dan menimbulkan penyakit disebut *avitaminosis*.

Mineral yang penting bagi tubuh antara lain kalsium (Ca) terdapat pada sayuran hijau, susu, telur, dan buah-buahan; fosfor (P) terdapat pada susu, telur, daging, dan kacang-kacangan; kalium (K) terdapat pada ikan, pisang, kentang, dan sayuran hijau; natrium (Na) terdapat pada garam dapur, keju, dan sayuran hijau; zat besi (Fe) terdapat pada hati, daging, kacang hijau, dan sayuran berwarna hijau; yodium (I) terdapat pada ikan laut, sayuran, susu, dan buah; fluor (F) terdapat pada makanan dari laut, teh, dan air minum, dan klor (Cl) terdapat pada garam dapur. Penyakit kekurangan salah satu mineral dalam tubuh disebut *defisiensi mineral*.

C. KELAINAN DAN PENYAKIT PADA SISTEM PENCERNAAN

Usus manusia dapat mengalami kerusakan karena proses pencernaan sendiri (autodigesti). Autodigesti dapat terjadi karena adanya enzim-enzim pencernaan protein dan lemak serta daerah yang mengandung konsentrasi asam hidroklorid tinggi.

Autodigesti dapat dihindari dengan adanya beberapa hal berikut.

1. Lapisan usus lebih tebal daripada lapisan sistem-sistem lain serta selalu diperbarui.
2. Usus menghasilkan lendir (Mucus). Lendir bertindak sebagai pelumas. Lendir dapat dicerna, diserap kembali, dan dikeluarkan lagi saat diperlukan.
3. Enzim-enzim hanya dihasilkan atau dilepaskan sekali saja ketika makanan sampai di tempat tertentu di usus.
4. Beberapa enzim pencerna yang dapat merusak sel usus dihasilkan dalam bentuk nonaktif, misalnya, pepsinogen dan tripsinogen bersifat nonaktif, diubah menjadi enzim pencerna aktif pada saat makanan masuk.

Jika proses mekanisme perlindungan tersebut rusak, pada autodigesti akan terjadi misalnya bisul lambung dan bisul usus dua belas jari. Hal ini dapat terjadi karena tingginya kandungan asam dalam perut. Penyakit itu dapat menghancurkan dinding otot pencernaan makanan. Bila sudah parah dinding usus benar-benar dilumatkan sehingga isi usus keluar ke dalam rongga tubuh yang dapat berakibat fatal.

Umumnya feses berada pada usus besar selama 12 - 14 jam. Jika terjadi gangguan usus besar karena virus atau bakteri, makanan akan cepat lewat usus besar dan penyerapan air sangat sedikit sehingga feses berbentuk cair. Keadaan ini disebut *diare*. Bila diare terjadi dalam waktu lama, penderita dapat mengalami kekurangan cairan tubuh yang disebut *dehidrasi*. Sebaliknya, usus besar dapat menahan feses untuk waktu yang lama. Akibatnya feses menjadi sangat kering karena terlalu banyak air yang diserap. Keadaan ini disebut *sembelit* (*konstipasi*). Selain yang sudah dijelaskan di atas ada beberapa kelainan pada sistem pencernaan, di antaranya sebagai berikut.

1. Apendisitis, penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri pada usus buntu.
2. Gastitris, penyakit yang disebabkan infeksi bakteri pada selaput lendir di dinding lambung, biasa terjadi pada manula.
3. Malabsorpsi, ketidakmampuan usus halus menyerap sari makanan, disebut juga penyakit sariawan usus.
4. Maag, penyakit karena adanya luka pada dinding lambung bagian depan, disebut juga tukak lambung.
6. Parotitis (gondong), penyakit yang disebabkan virus yang menginfeksi kelenjar ludah di bawah telinga sehingga menjadi bengkak.
7. Xerostomia, penyakit pada rongga mulut yang ditandai dengan rendahnya produksi air ludah

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah pengertian ilmu gizi itu?
2. Zat-zat apa saja yang diperlukan tubuh supaya tubuh tetap sehat?
3. Apa saja fungsi makanan bagi tubuh?
4. Apakah yang dimaksud antodigesti?
5. Apakah penyakit parotitis itu?

1. Sistem pencernaan manusia terdiri atas saluran dan kelenjar pencernaan.
2. Saluran makanan tersusun oleh: mulut, faring, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus.
3. Kelenjar pencernaan tersusun oleh: kelenjar ludah, kelenjar lambung, kelenjar usus, hati, dan pankreas.
4. Ada tiga jenis gigi menurut bentuknya, yaitu gigi seri, gigi taring, dan geraham.
5. Rumus gigi susu: 2 - 1 - 2, sedangkan rumus gidi dewasa: 3 - 2 - 1 - 2.
6. Fungsi lidah: sebagai pengecap rasa makanan, membentuk menempatkan letak makanan, dan membantu proses menelan makanan.
7. Usus halus terdiri atas usus 12 jari (duodenum), usus kosong (jejenum), dan usus penyerapan (ileum).
8. Fungsi makanan: sebagai sumber energi, sebagai bahan pembangunan tubuh, sebagai pelindung dan pengatur.
9. Ada 2 jenis vitamin, yaitu:
   a. vitamin yang larut dalam air (vitamin B dan C)
   b. vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, dan K)
10. Beberapa kelainan atau penyakit pada sistem pencernaan manusia, misalnya: diare, sembelit, apendisitis, gastitris, malabsorpsi, maag, paratotis, dan xerostonica.

UJI KOMPETENSI

A. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d di depan jawaban yang tepat!

1. Saluran pencernaan makanan manusia adalah sebagai berikut.
   1) mulut 4) kerongkongan
   2) usus halus 5) lambung
   3) usus besar

   Urutan yang benar dari saluran pencernaan tersebut adalah ....
   a. 1), 2), 3), 4), dan 5)
   b. 1), 4), 5), 2), dan 3)
   c. 1), 3), 2), 4), dan 5)
   d. 1), 5), 4), 3), dan 2)
2. Rumus gigi orang dewasa adalah ....
   a. 4 + 1 + 2 + 2 2 + 2 + 1 + 4
      4 + 1 + 2 + 2 2 + 2 + 1 + 4
   b. 2 + 3 + 1 + 2 2 + 1 + 3 + 2
      2 + 3 + 1 + 2 2 + 1 + 3 + 2
   c. 3 + 2 + 1 + 2 2 + 1 + 2 + 3
      3 + 2 + 1 + 2 2 + 1 + 2 + 3
   d. 2 + 3 + 2 + 2 2 + 2 + 3 + 2
      2 + 3 + 1 + 2 2 + 2 + 3 + 2
3. Tiga macam enzim yang dihasilkan oleh dinding lambung adalah ....
   a. amilase, pepsinogen, dan asam klorida
   b. asam klorida, pepsinogen, dan renin
   c. lipase, renin, dan tripsin
   d. lipase, amilase, dan tripsin
4. Dinding usus halus berbentuk jonjot memiliki keuntungan, yaitu ....
   a. sari makanan mudah diserap
   b. permukaan usus halus bertambah luas
   c. sari-sari makanan tidak terbuang
   d. makanan tidak langsung masuk ke usus besar
5. Lipase berfungsi mengubah ....
   a. asam lemak menjadi lemak dan gliserol
   b. lemak menjadi asam lemak dan gliserol
   c. protein menjadi pepton
   d. air susu menjadi gumpalan
6. Bakteri pembusuk (bakteri *coli*) berguna untuk membusukkan sisa makanan menjadi feses, terdapat pada ....
   a. duodenum
   b. usus halus
   c. usus besar
   d. dubur/rektum
7. Bila mengunyah nasi tawar lama-kelamaan terasa manis sebab di dalam air liur terdapat enzim ....
   a. renin
   b. ptialin
   c. pepsin
   d. tripsin
8. Gambar di bawah ini menunjukkan salah satu contoh penderita akibat ....

   a. kekurangan vitamin B
   b. kelebihan unsur klor
   c. kelebihan hormon
   d. kekurangan unsur yodium

9. Di antara zat makanan berikut, yang masuk ke dalam pembuluh *kil* setelah penyerapan makanan adalah ....
   a. asam amino dan asam lemak
   b. asam lemak dan gliserol
   c. vitamin dan garam mineral
   d. garam mineral dan gula

10. Bahan makanan pokok, seperti beras, jagung, dan sagu merupakan sumber karbohidrat yang berfungsi ….
    a. sebagai pembangun
    b. sebagai sumber energi
    c. mengatur kegiatan tubuh
    d. menjaga kesehatan

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

1. Apakah perbedaan pencernaan mekanik dengan pencernaan kimia?
2. Enzim apa sajakah yang dihasilkan oleh pankreas?
3. Apakah yang dimaksud gerak peristaltik?
4. Mengapa nasi yang telah dikunyah menjadi manis rasanya?
5. Apa sajakah kelenjar pencernaan itu?

BAB 4
SISTEM PERNAPASAN PADA MANUSIA

Standar Kompetensi:

- *Memahami berbagai sistem dalam kehidupan manusia.*

Kompetensi Dasar:

- *Mendeskripsikan sistem pernapasan pada manusia dan hubungannya dengan kesehatan.*

Bagaimana kita bernapas? Udara yang kita hirup adalah oksigen. Oksigen akan masuk ke dalam organ pernapasan. Pada saat kita mengembuskan napas, karbondioksida kita keluarkan. Di dalam tubuh oksigen tersebut akan digunakan untuk membakar zat makanan untuk menghasilkan energi. Peristiwa pembakaran zat makanan di dalam tubuh menggunakan oksigen disebut *oksidasi biologi* atau *respirasi aerob*.

Pengertian pernapasan dengan respirasi sebetulnya berbeda. *Pernapasan* adalah proses pertukaran gas antara makhluk hidup dengan lingkungannya, sedangkan respirasi adalah proses penggunaan oksigen dalam pembakaran makanan di dalam tubuh untuk menghasilkan energi. Manusia dan vertebrata memiliki organ-organ pernapasan dan mekanisme pernapasan khusus. Pada dasarnya sistem pernapasan manusia maupun vertebrata tersusun atas alat pemasukan dan alat pengangkutan udara.

Manusia bernapas secara tidak langsung. Artinya, udara untuk pernapasan tidak berdifusi secara langsung melalui permukaan kulit. Difusi udara pada manusia terjadi pada bagian dalam tubuh, yaitu pada gelembung paru-paru (alveolus).

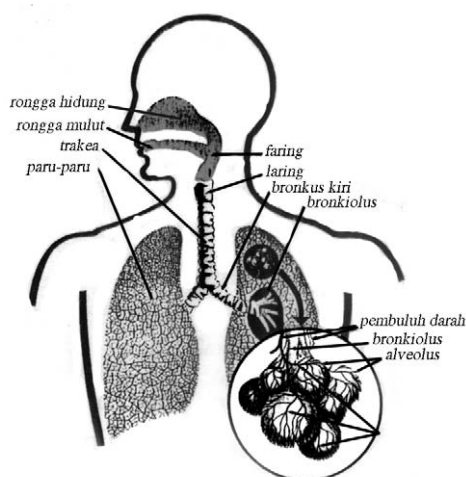
Pada pernapasan secara tidak langsung, udara masuk ke dalam tubuh dengan perantara alat-alat pernapasan.

A. ALAT PERNAPASAN

Kalian tentu sudah mengerti organ-organ sistem pernapasan pada manusia dan vertebrata lainnya bukan? Dapatkah kalian menyebutkan ragam sistem pernapasan pada manusia? Untuk menjawab persoalan tersebut coba lakukan kegiatan 4.1 berikut.

Kegiatan 4.1 Organ Pernapasan Pada Manusia

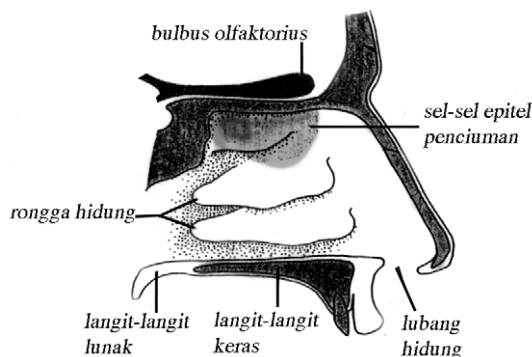
1. Alat dan Bahan: Model atau carta sistem pernapasan pada manusia.
2. Langkah Kerja:
   a. Bekerjalah dengan kelompokmu untuk mengidentifikasi organ-organ sistem pernapasan manusia dan fungsinya!
   b. Gunakan gambar atau carta sistem pernapasan pada manusia seperti gambar 4.1!
   c. Amati dan sebutkan organ-organ pernapasan pada manusia!
   d. Setelah melakukan pengamatan dan pengenalan bagian-bagian organ pernapasan manusia, bacalah penjelasan tentang susunan dan fungsi masing-masing organ pada uraian buku ini!
   e. Buatlah satu kesimpulan tentang bagian organ pernapasan manusia!
   f. Tulislah hasilnya pada sehelai kertas dan presentasikan di depan kelas!

Organ pernapasan pada manusia terdiri atas: 1) hidung, 2) saluran pernapasan, dan 3) paru.

Gambar 4.1 Organ pada sistem pernapasan manusia

Struktur dan fungsi masing-masing organ tersebut akan dibahas satu per satu

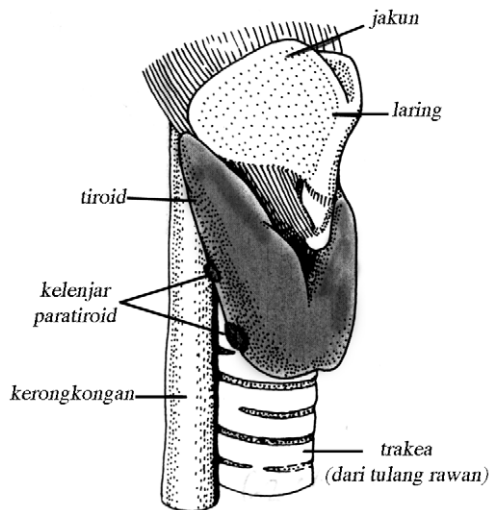
1. Hidung

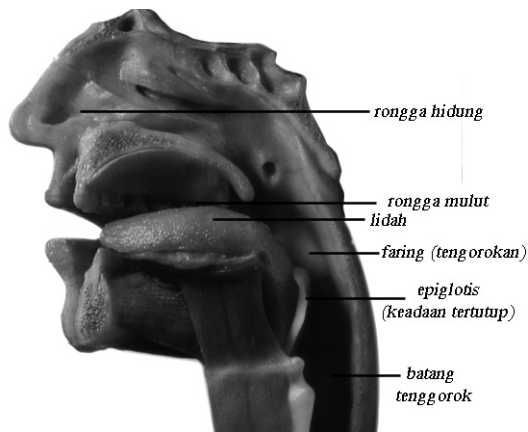
Hidung merupakan alat pernapasan yang dilalui udara dari luar. Di dalam rongga hidung terdapat rambut dan selaput lendir. Udara yang dihirup oleh hidung akan mengalami tiga perlakuan sebagai berikut.

a. Udara disaring rambut-rambut halus dan selaput lendir yang terdapat pada rongga hidung.
b. Udara diatur suhunya sebelum masuk ke paru-paru. Artinya udara dari luar ketika melewati rongga hidung mendapat pemanasan sesuai dengan suhu badan.
c. Udara di dalam hidung diatur kelembapannya oleh selaput lendir.

Gambar 4.2 Hidung dan struktur dalam rongga hidung.

2. Pangkal Tenggorokan (Laring)

Setelah melewati hidung, udara masuk ke pangkal tenggorokan (laring) kemudian melalui faring (hulu kerongkongan). Faring merupakan persimpangan antara rongga mulut ke kerongkongan dan rongga hidung ke tenggorokan. Dari pangkal tenggoro-

kan (laring) udara masuk ke batang tenggorokan (trakea). Bagaimana udara tidak salah jalan masuk ke kerongkongan dan makanan tidak tersesat masuk ke batang tenggorokan?

Gambar 4.3 Laring *Sumber Biologi 2 SMA Mefi*

Pada pangkal tenggorokan terdapat katup yang disebut *epiglotis*. Epiglotis berfungsi mencegah makanan masuk ke tenggorokan pada waktu kita menelan makanan. Caranya, epiglotis turun menutupi jalan udara pada pangkal tenggorokan sehingga makanan tidak masuk ke batang tenggorok melainkan masuk ke kerongkongan. Apa yang terjadi bila kita makan sambil berbicara? Diskusikan dengan temanmu.

Gambar 4.4 *Sumber: Jendela Iptek Tubuh manuisa*
Pada waktu menelan, epiglotis menutup tenggorokan

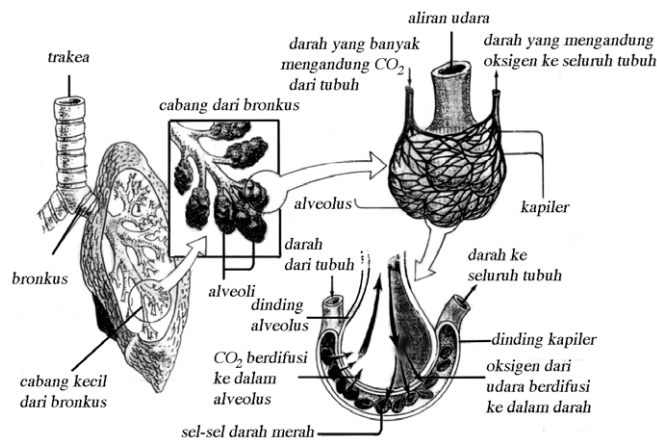
3. Batang Tenggorokan (Trakea)

Batang tenggorok (trakea) terletak di daerah leher, di depan kerongkongan. Tersusun atas gelang-gelang tulang rawan dengan panjang sekitar 10 cm. Permukaan rongga batang tenggorok dilapisi oleh selaput lendir yang memiliki rambut getar halus. Keduanya berfungsi untuk mengeluarkan atau menolak benda asing selain gas yang masuk ke saluran pernapasan. Akibat tolakan secara paksa tersebut kita akan batuk atau bersin.

4. Cabang Batang Tenggorok (Bronkhus)

Batang tenggorok bercabang menjadi dua cabang batang tenggorokan (bronkhus), yaitu bronkhus sebelah kiri dan sebelah kanan. Kedua bronkhus menuju paru-paru. Di dalam paru-paru bronkhus bercabang lagi menjadi *bronkiolus*. Bronkhus sebelah kanan bercabang lagi menjadi 3 *bronkiolus*, sedangkan sebelah kiri bercabang menjadi 2 *bronkiolus*. Cabang-cabang yang paling kecil masuk ke dalam gelembung paru-paru atau *alveolus*. Dinding alveolus mengandung kapiler darah. Melalui kapiler darah inilah oksigen dari udara di ruang alveolus akan berdifusi ke dalam darah.

5. Paru-paru (Pulmo)

Paru-paru sebetulnya merupakan sekumpulan gelembung alveolus. Terletak di dalam rongga dada di atas sekat diafragma. Diafragma adalah sekat rongga badan yang membatasi rongga dada dan rongga perut. Paru-paru terdiri atas 2 bagian, yaitu paru-paru kiri terdiri atas 2 gelambir dan paru-paru kanan terdiri atas 3 gelambir (lobus). Paru-paru dibungkus selaput paru-paru (pleura). Selaput paru-paru membungkus alveolus-alveolus. Jumlah alveolus ± 300 juta buah. Luas permukaan seluruh alveolus diperkirakan 100 kali luas permukaan tubuh manusia. Di dalam alveolus terjadi pertukaran gas. Gas oksigen yang masuk dalam alveolus diikat oleh sel-sel darah merah untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Gas karbondioksida dan uap air yang merupakan sisa pernapasan di buang melalui hidung.

Gambar 4.5 Pertukaran gas dalam alveolus *Sumber Biologi 2 SMA Mefi*

Paru-paru orang dewasa mampu menampung udara kurang lebih 5 liter. Kemampuan tersebut disebut *daya tampung paru-paru* atau *kapasitas paru-paru*. Pada pernapasan biasa orang dewasa, udara yang keluar masuk paru-paru sebanyak 0,5 liter. Udara sebanyak ini disebut *udara pernapasan* (*udara tidal*). Bila kalian menarik napas dalam-dalam dan mengembuskan sekuat-kuatnya, volum yang masuk dan keluar ± 3,5 – 4 liter. Volum udara ini disebut *kapasitas vital paru-paru*. Sebanyak 1 – 1,5 liter udara tetap tinggal di dalam paru-paru walaupun kita telah mengeluarkan napas sekuat-kuatnya. Volum udara ini disebut *udara residu*.

Kegiatan 4.2 Mengukur kapasitas paru-paru masing-masing individu

1. Alat dan bahan:
   a. baskom atau bak plastik bundar.
   b. botol atau bejana yang volumnya ± 5 liter
   c. selang air ukuran sedang ± 2 meter
2. Langkah kerja:
   a. Susunlah perangkat percobaan seperti pada gambar berikut ini!
   b. Hirup udara sekuat-kuatnya melalui hidung, kemudian embuskan sekuat-kuatnya melalui selang seperti pada gambar!

   c. Ukur atau takar sisa air dalam botol. Bila isi botol 5 liter dan sisa air 1 liter maka volum udara yang dikeluarkan adalah 4 liter!
   d. Lakukan bergantian dengan teman-temanmu dan catat volumnya dalam tabel berikut ini!

Tabel hasil pengamatan

No.	Nama Siswa	Volum Botol A	Volum Botol B	Volum Udara yang Dikeluarkan A - B

Diskusi

1. Apakah yang terjadi pada botol setelah kamu meniupkan udara pernapasan?
2. Samakah banyaknya udara yang kamu hirup sekuat-kuatnya dengan udara yang ada dalam botol?
3. Jadi, apakah yang dimaksud dengan kapasitas vital paru-paru?
4. Bandingkan hasil kegiatan yang kamu peroleh dengan hasil temanmu! Bagaimana keadaannya? Apakah yang menyebabkannya?

Udara pernapasan yang dihirup sekuat-kuatnya sama dengan udara pernapasan yang dikeluarkan sekuat-kuatnya. Inilah yang disebut dengan *kapasitas vital paru-paru*.

Menjaga Kesehatan Paru-paru

Untuk menjaga agar paru-paru kita selalu sehat dan tubuh kita memperoleh suplai oksigen yang cukup, maka kita perlu melakukan hal-hal sebagai berikut.

1. Olah raga aerobik secara teratur, seperti jalan kaki, senam, dan berlari.
2. Membuka jendela rumah dan sekolah setiap hari agar udara di dalam dapat berganti.
3. Bila mampu pasanglah air conditioner (AC).
4. Rileks dan bersantai sambil menghirup udara segar di taman, hutan, atau di desa yang banyak tumbuhannya. Tumbuhan pada siang hari melakukan fotosintesis dan menghasilkan oksigen yang sangat bermanfaat bagi tubuh kita.
5. Banyaklah menanam pohon, termasuk penghijauan di tepi jalan.
6. Jangan berada terlalu lama di ruang yang penuh bahan kimia.
7. Tidak merokok. Merokok berarti menghisap asap dan berbagai bahan kimia lainnya yang ada di dalam rokok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perokok memiliki kemungkinan terkena kanker paru-paru lebih besar dari pada yang bukan perokok.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

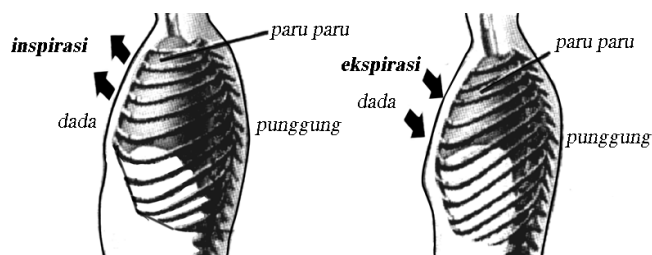
1. Apakah pengertian respirasi aerob itu?
2. Bagaimana perlakuan udara di dalam hidung!
3. Di mana letak epligotis itu?
4. Apakah pengertian udara tidal itu?
5. Apa sajakah akibat buruk dari merokok?

B. PROSES PERNAPASAN

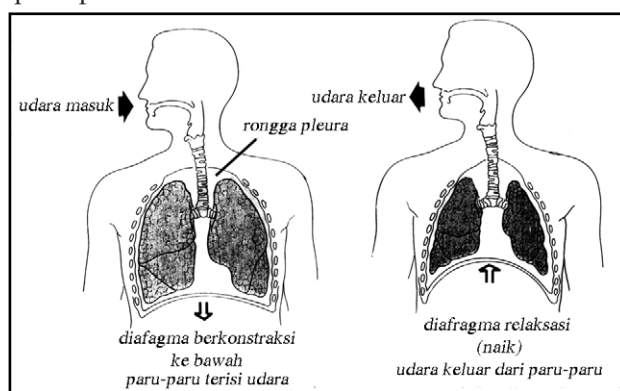
Paru-paru berada di dalam rongga dada yang dilindungi oleh tulang rusuk dan tulang dada. Proses pernapasan terdiri atas 2 fase yaitu menghirup udara (inspirasi) dan mengembuskan udara (ekspirasi). Pada fase inspirasi diafragma dan otot dada berkontraksi, rongga dada membesar paru-paru mengembang dan udara masuk. Pada fase ekspirasi diafragma dan otot dada relaksasi/istirahat, rongga dada kembali normal, paru-paru kembali normal, udara keluar dari paru.

Berdasarkan bagian tubuh yang mengatur kembang kempisnya paru, pernapasan dibedakan menjadi 2, yaitu pernapasan dada (pernapasan tulang rusuk) dan pernapasan perut (pernapasan diafragma).

1. Pernapasan Dada

Pada waktu diafragma mendatar, volum rongga dada membesar sehingga tekanan udara dalam rongga dada mengecil. Akibatnya udara dari luar masuk ke dalam paru-paru. Bersamaan dengan kontraksi otot diafragma, otot tulang rusuk juga berkontraksi sehingga rongga dada mengembang.

Gambar 4.6 Pernapasan dada

2. Pernapasan Perut

Pada waktu menarik napas, otot diafragma berkontraksi. Akibatnya kedudukan diafragma yang mula-mula melengkung ke atas menjadi lurus/mendatar sehingga rongga dada membesar dan perut mengembang hingga menggembung. Karena paru-paru mengembang, tekanan udara di dalam paru-paru turun sehingga udara dari luar masuk ke dalam paru-paru.

Gambar 4.7 Proses pernapasan

C. GAS-GAS DALAM UDARA PERNAPASAN

Pada pernapasan, udara yang masuk ke paru tidak hanya gas oksigen melainkan juga gas lain. Samakah susunan gas yang ada di udara yang masuk dan udara yang dikeluarkan dalam proses pernapasan?

Perbedaan komposisi kandungan gas dalam udara pernapasan dapat dilihat pada tabel berikut!

Tabel Komposisi Kandungan gas dalam Udara Pernapsan

Udara Pernapasan	Udara yang Dihirup (%)	Udara di Alveoli (%)	Udara yang dikeluarkan (%)
Oksigen	20,8	13,1	15,3
Karbondioksida	0,04	5,2	4,2
Nitrogen	79,01	80,7	79,6

Tabel: persentase gas utama pernapasan dalam udara yang keluar masuk paru-paru

D. KELAINAN DAN PENYAKIT PADA SISTEM PERNAPASAN

Kelainan/kerusakan alat pernapasan dapat disebabkan oleh infeksi atau keturunan. Berikut ini akan diuraikan beberapa macam kelainan/gangguan yang umum terjadi pada saluran pernapasan manusia.

1. Bronkhitis : radang cabang tenggorokan. Penyakit ini karena infeksi hidung bagian atas dan batang tenggorok.

   Perawatan : beristirahatlah di tempat tidur dan menghirup uap yang diberi obat, mengompres dada dengan air hangat.

2. Influenza/Flu : penyakit ini disebabkan virus influenza. Gejala yang ditimbulkan antara lain: pilek, hidung tersumbat, bersin-bersin, dan tenggorokan terasa gatal.

   Perawatan : beristirahatlah dengan cukup dan menghirup uap yang diberi obat.

3. Asma (sesak napas) : merupakan penyakit penyumbatan saluran pernapasan yang disebabkan alergi terhadap rambut, bulu, debu, atau tekanan psikologis. Penyakit ini bersifat menurun.

   Perawatan : menggunakan obat-obatan yang berjenis adrenalin berbentuk minyak, aminovilin, dan isovorel.

5. Tuberkulosis (TBC) : penyakit ini menyerang paru-paru. Jika wilayah yang diserang meluas, sel-selnya akan mati, paru-paru mengecil, hingga napas penderita terengah-engah.

8. Pneumonia : penyakit ini menyebabkan radang paru-paru yang disebabkan oleh bakteri. Penyakit ini juga menyebabkan abses pada paru-paru sehingga menghambat pernapasan.

9. Sinusitis : penyakit ini menyebabkan radang pada sinus, hingga terkumpul nanah dan harus dibuang.

   Perawatan : nanah dibuang melalui operasi.

10. Radang paru-paru : disebabkan oleh kuman, misalnya: *Steptocoucus*, *Staphylococcus Sp*, atau virus-virus tertentu.

    Perawatan : beristirahatlah di tempat tidur dan banyak mengkonsumsi sari buah dan diberi oksigen tambahan.

11. Laringitis : penyakit ini menyebabkan peradangan pada laring. Penyebabnya karena infeksi, banyak merokok, minum alkohol, dan terlalu banyak bicara.

    Perawatan : istirahat yang cukup, minum-minuman yang hangat, jangan minum es, jangan merokok, dan hindari minuman beralkohol.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Bagaimana proses pernapasan manusia?
2. Apakah pengertian antara pernapasan dada dengan pernapasan perut itu?
3. Gas utama apa sajakah yang berperan di dalam pernapasan?
4. Apakah yang dimaksud penyakit laringitis?

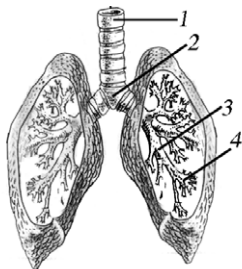
RANGKUMAN

1. Pernapasan ialah proses pertukaran gas antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
2. Respirasi ialah proses penggunaan oksigen dalam pembentukan makanan.
3. Udara yang dihirup hidung akan mengalami 3 perlakuan, yaitu:
   a. udara disaring oleh rambut hidung
   b. udara diatur suhunya
   c. udara diatur kelembapannya
5. Pada pangkal tenggorok terdapat katup yang disebut epiglotis.
6. Batang tenggorok (trakea) terletak di daerah leher di depan kerongkongan.
7. Melalui kapiler darah oksigen akan berdifusi ke dalam darah.
8. Paru-paru kiri terdiri atas 2 gelambir dan kanan 3 gelambir.
9. Kapasitas vital paru-paru ialah kemampuan paru-paru untuk menampung udara, sekitar 5 liter.
10. Pada fase inspirasi: diafragma dan otot dada berkontraksi.
11. Fase ekspirasi: diafragma dan otot dada relaksasi, rongga dada kembali normal, paru-paru normal udara keluar dari paru-paru.
12. Beberapa jenis penyakit pada sistem pernapasan, diantaranya bronkitis, flu, asma, TBC, kanker paru-paru, sinusitis, dan lain-lain.

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d di depan jawaban yang tepat!

1. Pembakaran zat makanan untuk menghasilkan energi terjadi di ….
   a. paru-paru
   b. hati
   c. darah
   d. sel-sel tubuh
2. Sisa hasil oksida di dalam tubuh berupa ….
   a. energi
   b. oksigen
   c. air
   d. karbondioksida

Untuk soal No. 3 dan 4 perhatikan gambar di bawah ini

3. Bagian yang disebut alveolus ditunjukkan oleh nomor ….
   a. 1 c. 3
   b. 2 d. 4
4. Yang ditunjukkan oleh no 1 yaitu alat pernapasan yang disebut ….
   a. bronkhus c. alveolus
   b. trakea d. siring
5. Volum udara yang masih dapat masuk ke dalam paru-paru setelah kita menghirup napas biasa disebut dengan udara ….
   a. tidal
   b. residu
   c. komplementer
   d. suplementer
6. Jumlah udara yang keluar masuk pada waktu pernapasan biasa kurang lebih sebanyak ....
   a. 100 ml
   b. 500 ml
   c. 1000 ml
   d. 1500 ml
7. Paru-paru dibungkus oleh selaput tipis yang disebut ....
   a. alveolus
   b. pleura
   c. diafragma
   d. trakea
8. Pernapasan yang terjadi karena gerakan tulang rusuk disebut ….
   a. pernapasan dada
   b. pernapasan perut
   c. inspirasi
   d. ekspirasi
9. Peradangan pada cabang tenggorok berupa ….
   a. sinusitis
   b. TBC
   c. bronkitis
   d. emfisme
10. Penyakit yang diakibatkan oleh kenaikan kadar asam karbonat dan asam bikarbonat dalam darah adalah ….
    a. asidosis
    b. sinusitis
    c. bronkitis
    d. emfisme

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

1. Apakah perbedaan pengertian antara pernapasan dengan respirasi?
2. Apa sajakah alat pernapasan pada manusia?
3. Di dalam rongga hidung udara mengalami 3 perlakuan. Jelaskan ketiga perlakuan tersebut!
4. Sebutkan 5 jenis kelainan atau gangguan yang biasa terdapat pada sistem pernapasan manusia dan bagaimana cara mengatasinya?

BAB 5

SISTEM PEREDARAN DARAH PADA MANUSIA

Standar Kompetensi:

Memahami berbagai sistem dalam kehidupan manusia.

Kompetensi Dasar:

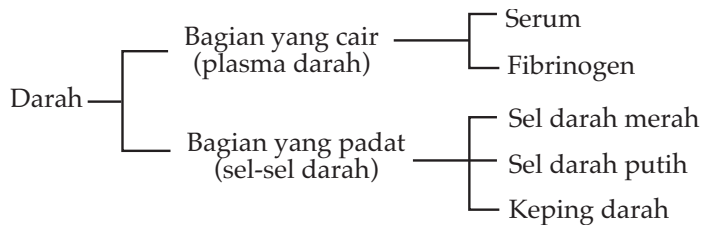
Mendeskripsikan sistem peredaran darah pada manusia dan hubungannya dengan masyarakat.

Tubuh kita setiap hari membutuhkan makanan. Setelah makanan dicerna, sari-sarinya diserap jonjot-jonjot dinding usus halus. Selanjutnya diedarkan ke seluruh tubuh melalui alat pengangkutan atau transportasi. Bagian manakah yang berperan sebagai alat atau sistem transportasi di dalam tubuh kita? Sistem transportasi di dalam tubuh kita terdiri atas darah, jantung, pembuluh darah, dan getah bening. Bagaimana darah beredar, mengalir, dan berputar terus-menerus di dalam tubuh kita? Apa saja bahan-bahan yang dapat diangkut dan diedarkan oleh darah? Untuk mendapatkan jawabannya kerjakan kegiatan dalam bab ini dan pelajari konsepnya dengan baik dan cermat.

A. SISTEM PEREDARAN DARAH

Sistem transportasi manusia terdiri atas sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening. Sistem peredaran darah manusia terdiri atas darah dan alat-alat peredaran darah.

1. Darah

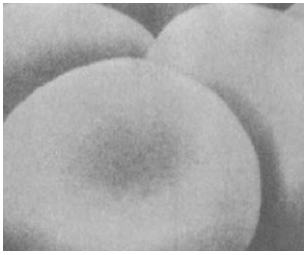
Darah adalah cairan tubuh yang terdapat di dalam pembuluh darah. Darah manusia tersusun atas plasma darah dan sel darah. Perhatikan skema struktur darah berikut.

a. Plasma Darah

Plasma darah atau cairan darah berwarna jernih kekuningan tersusun atas 90% air, 8% protein, hormon, globulin, protrombin dan fibrinogen, 0,9% mineral seperti NaCl, fosfor, magnesium, besi, 0,1% bahan organik seperti glukosa, lemak, enzim, dan anti-gen.

b. Butiran Darah/Sel-sel Darah

Butiran darah terdiri atas Eritrosit, leukosit, dan trombosit.

1) *Sel Darah Merah (Eritrosit)*

Sel darah merah berbentuk bulat pipih, berumur ± 120 hari, tidak berinti, dan cekung di bagian tengah. Setiap 1 ml darah mengandung ± 5 juta sel darah merah. Sel darah mengandung hemoglobin (Hb). Hemoglobin adalah suatu protein yang mengandung unsur besi. Fungsi utama Hb adalah mengikat oksigen dari paru-paru untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Hemoglobin yang telah mengikat oksigen membentuk oksihemoglobin yang berwarna merah cerah. Sebaliknya bila mengikat CO_2 berwarna merah tua. Sel darah dibentuk di sumsum merah tulang pipa dan tulang pipih. Setelah itu sel darah merah rusak dan dirombak di dalam hati dan limfa. Hasil perombakan hemoglobin diubah menjadi zat warna empedu (bilirubin) yang berwarna kehijauan.

Bilirubin berguna untuk membentuk emulsi lemak. Bilirubin dikeluarkan ke saluran empedu yang bermuara ke usus. Zat besi yang terdapat pada Hb tidak ikut dikeluarkan karena masih digunakan untuk membuat sel darah merah baru.

Gambar 5.1 Sel-sel darah merah
Sumber: Jendela Tubuh Mansia

Proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin dalam paru-paru dapat diikhtisarkan sebagai berikut.

Hb (Hemoglobin) + O_2 (Oksigen) → HbO_2 (Oksihemoglobin).

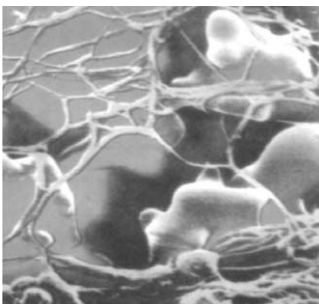
2) *Sel Darah Putih (leukosit)*

Sel darah putih tidak mempunyai bentuk tetap dan tak berwarna. Jumlah sel darah putih setiap 1 ml ± 8.000 buah. Tempat pembentukan sel darah putih adalah sumsum merah tulang pipih, limfa, dan kelenjar getah bening. Memiliki masa hidup antara 6 hingga 8 hari. Fungsi utama sel darah putih adalah untuk melawan kuman yang masuk ke dalam tubuh dan untuk membentuk zat antibodi. Berdasarkan cara mengatasi kuman, sel darah putih ada yang bersifat *fagosit* dan ada yang bersifat *lymfosit*.

a) *Fagosit,* bergerak mirip amoeba, dapat keluar lewat dinding kapiler menuju jaringan sekitarnya untuk menghancurkan kuman dengan cara memakannya. Bila kalah fagosit dan kuman yang mati akan dikeluarkan dalam bentuk nanah.
b) *Lymfosit,* bergerak menyerang kuman dengan menghasilkan antibodi. Antibodi akan bereaksi dengan kuman hingga membentuk gumpalan yang akhirnya gumpalan tersebut akan dimakan oleh fagosit. Antibodi yang dihasilkan lymfosit disebut antitoksin.

Gambar 5.2 Berbagai macam sel darah putih

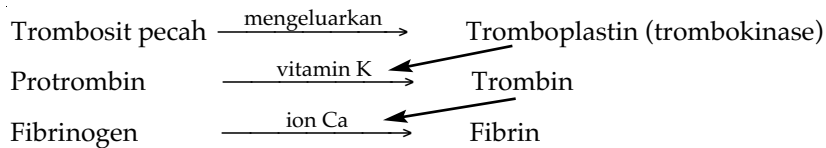
3) *Keping-keping Darah (Trombosit)*

Trombosit berbentuk tidak teratur dan tidak berinti. Dalam setiap 1 ml darah terdapat ± 250 ribu keping darah. Jika kita mengalami luka berdarah, keping-keping darah berfungsi untuk membekukannya.

Umur trombosit sekitar 5 sampai 9 hari. Bila darah keluar karena luka, maka trombosit akan pecah dan mengeluarkan enzim trombokinase yang akan mengubah protrombin menjadi trombin karena pengaruh ion kalsium dalam darah. Trombin akan mengubah fibrinogen menjadi benang-benang fibrin. Benang-benang fibrin akan menjaring sel-sel darah hingga luka tertutup dan tak mengeluarkan darah lagi.

Gambar 5.3
Trombosit pada daerah luka

Sumber Bology Barrett

Untuk lebih jelasnya perhatikan bagan proses pembekuan darah di bawah ini.

Proess pembekuan darah:

c. Fungsi Darah

Darah terdiri atas beberapa komponen, dan setiap komponen mempunyai fungsi tertentu sebagai berikut.

1) *Sebagai alat pengangkut*

a) Sel darah merah berfungsi mengangkut oksigen dan CO_2

b) Plasma darah, mengangkut:
   (1) sari makanan dari usus ke seluruh tubuh,
   (2) karbondioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru, serta
   (3) hormon dari kelenjar hormon ke seluruh tubuh.

2) *Alat pertahanan melawan infeksi*
   (a) Fagosit memakan kuman.
   (b) Lymfosit menghasilkan antibodi untuk membunuh kuman dan menetralkan racun.
   (c) Melakukan pembekuan darah, yang berperan adalah trombosit.

3) *Menjaga kestabilan suhu tubuh*

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

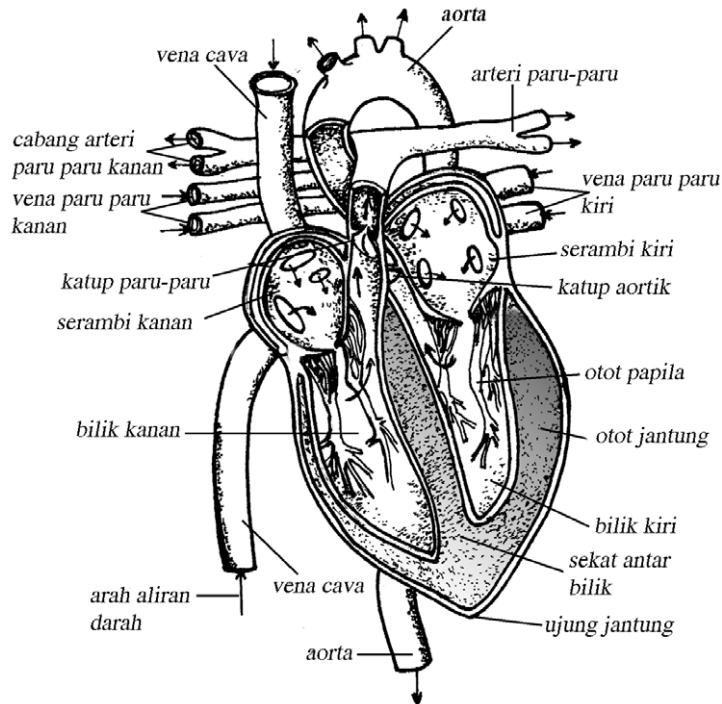
1. Tersusun atas apa sajakah sistem peredaran darah manusia?
2. Tersusun oleh apa sajakah darah pada manusia?
3. Apakah nama darah yang tersusun atas cairan berwarna jernih kekuningan?
4. Bagaimana ciri-ciri sel darah merah itu?
5. Apakah fungsi sel darah putih?

2. Alat Peredaran Darah

Alat peredaran darah manusia terdiri atas:

a. Jantung
b. Pembuluh darah

Untuk mengetahui lebih jelas tentang bentuk, susunan dan sifat jantung serta pembuluh darah perhatikan arah sirkulasi darah berikut ini.

a. Jantung

Gambar 5.4 Jantung manusia

Jantung terletak di dalam rongga dada sebelah kiri. Besarnya sekitar sekepalan tangan masing-masing individu. Bagian dalam jantung manusia memiliki 4 rongga, yaitu serambi kanan, serambi kiri, bilik kanan, dan bilik kiri. Dinding jantung bagian bilik berotot lebih tebal dibandingkan dinding serambi. Hal ini disebabkan kerja bilik jantung lebih berat, yaitu memompa darah ke seluruh tubuh.

Antara serambi dan bilik terdapat katup yang berfungsi untuk menjaga agar darah di bilik tidak mengalir kembali ke serambi. Gerakan jantung terjadi secara teratur dengan urutan sebagai berikut.

1) Kedua serambi menguncup, kedua bilik mengembang hingga darah mengalir ke bilik.
2) Kedua serambi mengembang, kedua bilik menguncup. Darah mengalir dari bilik kanan menuju paru-paru dan dari bilik kiri darah mengalir ke seluruh tubuh.
3) Kedua serambi dan kedua bilik mengembang (istirahat), kemudian kembali ke gerakan semula, demikian seterusnya.

1) Detak Jantung

Otot jantung mampu berkontraksi secara otomatis, hingga membuat jantung mengembang dan mengempis secara bergantian. Kontraksi jantung menimbulkan denyutan yang dapat dirasakan pada pembuluh nadi di beberapa tempat, misal di pergelangan tangan.

Kegiatan 5.1 Menghitung frekuensi denyut nadi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya

Alat dan bahan: Stopwatch/arloji, kertas manila, dan alat tulis

Langkah kerja:

1. Tempelkan jari telunjuk dan jari tengah pada pergelangan tangan sebelah dalam hingga terasa adanya denyut nadi. Tekan sedikit sampai denyut terasa!
2. Hitunglah berapa kali nadi berdenyut setiap 1 menit. Catatlah!
3. Berlari-larilah selama 2 menit, kemudian hitung lagi denyut nadimu selama 1 menit!

4. Bandingkan hasil pengamatanmu dengan teman sekelompok!
5. Tuliskan hasil pengamatan kelompokmu pada kertas manila yang besar dan presentasikan di depan kelas!

Tabel Frekuensi Denyut Nadi Berdasarkan Aktivitas

No.	Nama Siswa	Pria/ Wanita	Frekuensi nadi/menit	
			Sebelum lari	Sesudah lari
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
	Jumlah			
	Rata-rata			

Diskusi

1. Berapakah frekuensi rata-rata denyut nadi setiap menit dalam keadaan istirahat (dari data kelompokmu)?
2. Mengapa frekuensi denyut nadi dalam keadaan istirahat dan sesudah lari-lari tidak sama?
3. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi frekuensi denyut nadi seseorang?
4. Tarik kesimpulan dari hasil pengamatan kalian?
5. Kumpulkan hasil kerja kalian sebagai tugas kelompok!

Denyut jantung atau detak jantung setiap orang berbeda, tergantung dari beberapa faktor antara lain: berat badan, jenis kelamin, usia, aktivitas, dan kesehatan. Orang yang terkejut denyut nadinya menjadi lebih cepat.

2) Tekanan Darah

Tekanan darah merupakan akibat dari pemompaan jantung dan sempitnya pembuluh darah kapiler arteri. Peningkatan tekanan darah dapat disebabkan oleh segala sesuatu yang membuat jantung berdetak lebih cepat dan arteri makin menyempit, misal: marah, takut, olahraga, dan gembira berlebihan. Tekanan darah saat bilik jantung mengembang disebut *sistol*. Tekanan darah saat bilik jantung mengempis disebut *diastol*. Jadi, sistol merupakan tekanan darah karena jantung memompa darah keluar dan diastol merupakan tekanan darah karena jantung memasukkan/menghisap darah. Tekanan darah dapat diukur dengan alat yang disebut *tensimeter,*

Contoh: tekanan darah seseorang 110/70 mmHg artinya nilai 110 menunjukkan sistol, sedangkan 70 menunjukkan diastol.

b. Pembuluh Darah

Berdasarkan fungsinya pembuluh darah dibedakan atas pembuluh nadi (*arteri*) dan pembuluh balik (*vena*). Arteri dan vena dihubungkan oleh pembuluh halus yang disebut pembuluh kapiler.

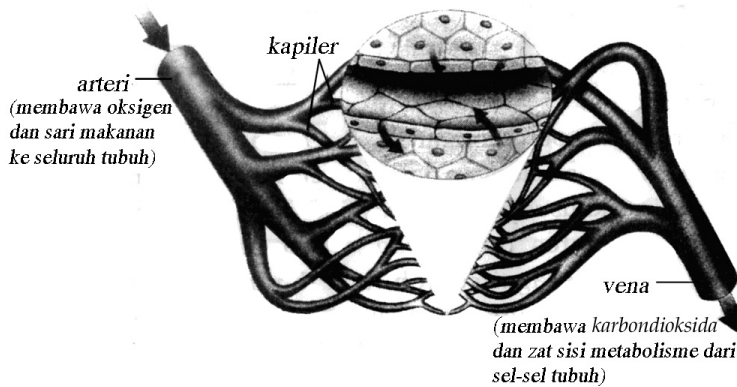
1) Pembuluh Nadi (Arteri)

Pembuluh nadi (arteri) adalah pembuluh darah yang membawa darah keluar dari jantung. Letaknya agak tersembunyi. Hanya bagian arteri tertentu di dekat permukaan tubuh yang dapat dirasakan denyutnya, misalnya, pada pergelangan tangan dan leher. Dinding arteri tebal, kuat, dan elastis. Pembuluh nadi terbesar (aorta) merupakan pembuluh nadi pertama yang membawa darah kaya oksigen ke seluruh tubuh. Pembuluh nadi paru-paru (arteri pulmonalis) merupakan pembuluh nadi kedua yang membawa darah kaya karbondioksida menuju paru-paru untuk mengeluarkan gas tersebut.

2) Pembuluh Balik (Vena)

Pembuluh balik (vena) adalah pembuluh darah yang membawa darah kembali ke jantung. Letaknya di permukaan tubuh. Dinding pembuluh balik tipis dan tidak elastis, biasanya berwarna kebiru-biruan di bawah kulit. Denyutnya tidak bisa kita rasakan. Di sepanjang pembuluh banyak terdapat katup yang membuat darah hanya mengalir ke satu arah yaitu jantung. Pembuluh balik paru-paru (*vena pulmonalis*) adalah pembuluh balik yang membawa darah dari paru-paru ke serambi kiri jantung dan kaya akan oksigen.

3) Pembuluh Kapiler

Pembuluh kapiler merupakan pembuluh yang sangat halus dan langsung berhubungan dengan sel-sel tubuh. Pembuluh ini menghubungkan ujung pembuluh nadi yang terkecil dengan ujung pembuluh balik yang terkecil. Di dalam pembuluh kapiler inilah terjadi pertukaran gas oksigen dengan karbondioksida.

Gambar 5.5 Pembuluh arteri, vena, dan kapiler *Sumber: PTBK, 2004*

Kegiatan 5.2 Membedakan antara arteri dan vena pada sistem peredaran darah manusia

Alat dan Bahan : kertas, pensil, buku paket, dan buku penunjang

Langkah Kerja :

1. Bacalah konsep tentang arteri dan vena dari buku manapun yang relevan!
2. Bekerjalah secara berkelompok!
3. Isilah tabel berikut berdasarkan perbedaan arteri dan vena dan buatlah kesimpulan!

No.	Faktor pembeda	Arteri	Vena
1.	tempat		
2.	dinding pembuluh		
3.	denyut		
4.	katup		
5.	aliran darah		
6.	jika terluka		
7.	diameter pembuluh		
8.	kandungan oksigen		
9.	tekanan darah		

4. Kumpulkan hasil kegiatan!

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apa sajakah alat peredaran darah manusia?
2. Di manakah letak jantung manusia?
3. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi detak jantung?
4. Apakah pengertian sistol dan diastol itu?
5. Apakah fungsi arteri dan vena itu?

3. Peredaran Darah

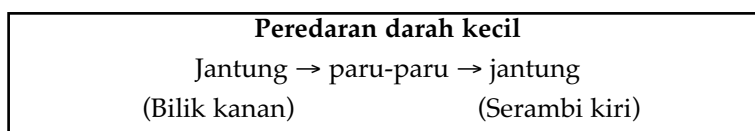
Sistem peredaran darah manusia disebut sistem peredaran darah tertutup karena dalam peredarannya darah selalu berada di dalam pembuluh. Pada manusia terjadi peredaran darah ganda atau rangkap. Artinya, darah masuk ke jantung sebanyak 2 kali dalam satu kali peredaran darah. Peredaran darah ganda terdiri atas peredaran darah kecil (peredaran darah pendek) dan peredaran darah besar (peredaran darah panjang).

a. Peredaran darah kecil

Peredaran darah kecil adalah peredaran darah yang dimulai dari jantung menuju ke paru-paru, kemudian kembali lagi ke jantung. Darah yang kaya karbondioksida dari jaringan tubuh bergerak menuju serambi kanan kemudian ke bilik kanan. Kemudian bilik kanan memompa darah ke paru-paru melalui arteri paru-paru. Di paru-paru terjadi pertukaran gas. Karbondioksida dari darah masuk ke paru-paru, sedangkan oksigen dari paru-paru masuk ke darah. Kemudian, darah yang kaya oksigen mengalir kembali ke jantung melalui vena paru-paru dan masuk ke serambi kiri jantung. Di bawah ini adalah skema peredaran darah kecil.

Peredaran darah kecil

Jantung → paru-paru → jantung

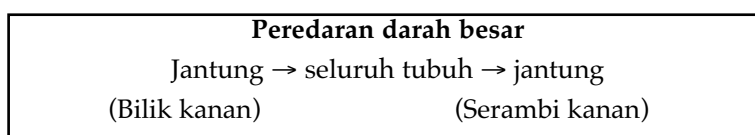
(Bilik kanan) (Serambi kiri)

b. Peredaran darah besar

Peredaran darah besar adalah peredaran darah dari bilik kiri jantung ke seluruh tubuh, kemudian kembali ke serambi kanan jantung. Bilik kiri jantung berkontraksi memompa darah kaya oksigen. Darah tersebut keluar dari jantung melalui aorta kemudian ke seluruh tubuh, kecuali ke paru-paru.

Pertukaran zat terjadi pada saat darah sampai di kapiler. Setelah mengalir melawati kapiler, darah menjadi kaya karbondioksida. Darah tersebut diangkat oleh vena cava masuk ke serambi kanan. Berikut ini adalah skema peredaran darah besar.

Peredaran darah besar

Jantung → seluruh tubuh → jantung

(Bilik kanan) (Serambi kanan)

4. Penggolongan Darah

Orang yang pertama kali menggolongkan darah manusia adalah **Karl Landsteiner** (Austria, 1868 – 1947). Darah manusia dibagi menjadi 4 golongan, yaitu golongan darah A, B, AB, dan O (nol). Pembagian golongan darah ini berdasarkan perbedaan aglutinogen (antigen) dan aglutinin (antibodi) yang terkandung dalam darah manusia. Golongan darah manusia bersifat menurun dari orang tua kepada anak. Dalam tranfusi darah, orang yang memberi darah disebut *donor*, sedang yang menerima disebut *resipien*.

Tabel Golongan Darah

No	Golongan darah	Aglutinogen	Aglutinin
1.	A	A	β
2.	B	B	α
3.	AB	A dan B	-
4.	O	-	α dan β

a. Golongan darah A, mengandung Aglutinogen A dan Aglutinin β.

b. Golongan darah B, mengandung Aglutinogen B dan Aglutinin α.

c. Golongan darah AB, mengandung Aglutinogen A dan B tetapi tidak mengandung Aglutinin.

d. Golongan darah O tidak mengandung Aglutinogen, tetapi mengandung Aglutinin α dan β.

Darah resipien akan menolak darah donor bila golongan donor tidak sesuai dengan golongan darah resipien. Penolakan ditandai dengan terjadinya penggumpalan darah (aglutinasi). Golongan darah O dikatakan sebagai donor universal karena dapat ditransfusikan ke semua golongan darah. Untuk mengetahui golongan darah apa yang dapat ditranfusikan kepada suatu golongan darah, perhatikan skema tranfusi darah berikut ini.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah yang dimaksud sistem peredaran darah tertutup?
2. Apakah pengertian peredaran darah kecil dan peredaran darah besar itu?
3. Golongan darah manusia terbagi menjadi 4 macam. Apa sajakah itu?
4. Golongan darah manakah yang disebut donor universal?

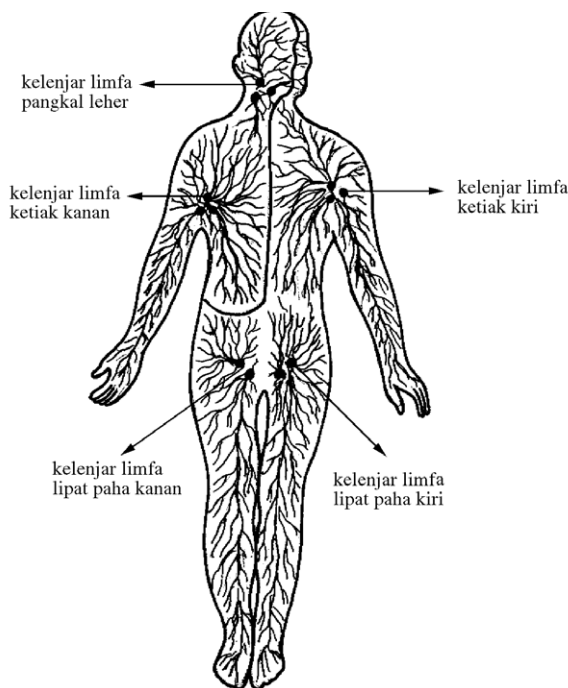
B. SISTEM PEREDARAN GETAH BENING (LIMFA)

Sistem peredaran getah bening (limfa) terdiri atas cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Sistem peredaran getah bening berperan dalam pengangkutan lemak dan pemberantasan penyakit. Berikut ini akan dibahas satu-persatu bagian dari sistem peredaran limfa.

1. Cairan Limfa

Cairan limfa atau getah bening mengandung sel darah putih yang berfungsi mematikan kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh. Cairan limfa juga mengandung lemak. Lemak dari usus tidak diangkut melalui pembuluh darah melainkan oleh pembuluh limfa. Di usus, pembuluh limfa ini disebut *pembuluh kil*.

2. Pembuluh Limfa

Struktur pembuluh limfa mirip dengan vena kecil yang banyak katup sehingga pembuluh limfa tampak seperti rangkaian manik-manik. Pembuluh ini banyak terdapat pada sela-sela otot, mempunyai cabang yang halus dan ujungnya terbuka hingga cairan tubuh masuk ke dalam pembuluh limfa. Pembuluh limfa dibedakan atas dua macam, yaitu pembuluh limfa kanan dan pembuluh limfa kiri (pembuluh limfa dada).

Gambar 5.6 Pembuluh limfa

a. Pembuluh Limfa Kanan

Pembuluh limfa kanan berfungsi menampung cairan limfa yang berasal dari daerah kepala, leher kanan, dada kanan, dan lengan kanan. Pembuluh ini bermuara pada vena di bawah selangka kanan.

b. Pembuluh Limfa Kiri (dada)

Pembuluh limfa kiri berfungsi untuk menampung getah bening yang berasal dari daerah kepala, leher kiri, dada kiri dan lengan kiri serta tubuh bagian bawah. Pembuluh ini bermuara pada vena di bawah selangka kiri.

c. Peredaran Darah Limfa

Peredaran darah limfa dimulai dengan masuknya cairan ke pembuluh limfa dan menjadi cairan limfa. Dari jaringan tubuh yang berupa cairan jaringan pembuluh limfa halus bergabung menjadi pembuluh limfa besar dan seterusnya. Pembuluh limfa ini akan bergabung ke pembuluh limfa kiri dan pembuluh limfa kanan.

Pembuluh limfa mengalirkan ± 100 ml getah bening ke dalam vena untuk dikembalikan ke dalam darah. Dengan cara ini getah bening dan protein dikembalikan ke aliran darah.

3. Kelenjar Limfa

Kelenjar limfa banyak terdapat di pangkal paha, ketiak, dan leher. Kelenjar ini banyak menghasilkan sel darah putih. Kelenjar limfa berfungsi menghasilkan sel darah putih dan menjaga agar tidak terjadi infeksi lebih lanjut. Ketika tubuh terkena infeksi, kelenjar limfa membengkak. Di dalam tubuh juga terdapat alat tubuh yang fungsinya sama dengan kelenjar limfa, yaitu mencegah infeksi lebih lanjut. Alat itu berupa limpa dan tonsil.

a. Limfa

Limpa adalah sebuah kelenjar yang berwarna ungu tua dan terletak di belakang lambung. Fungsi limpa sebagai berikut.

1) Tempat pembentukan leukosit dan antibodi.
2) Tempat tersimpannya cadangan sel darah.
3) Tempat pembongkaran eritrosit yang sudah mati.
4) Tempat membunuh kuman penyakit.

b. Tonsil

Tonsil terletak di sebelah kanan dan kiri batang tenggorok yang biasa disebut amandel berjumlah 2 buah. Sebuah tonsil yang lainnya terletak di dalam rongga hidung dan biasa disebut *polip*. Fungsi tonsil adalah mencegah infeksi lebih lanjut ke bagian tubuh lainnya karena mampu membentuk sel darah putih. Jika tonsil dilewati kuman yang menuju organ lain, tonsil akan aktif mengadakan perlawanan. Hal ini dapat dilihat dari terjadinya pembengkakan pada tonsil tersebut. Pembengkakan tonsil dapat mengganggu kesehatan sehingga harus dibuang dengan jalan operasi.

C. PENYAKIT DAN KELAINAN PADA SISTEM PEREDARAN DARAH DAN CARA MENGATASINYA

Sistem peredaran darah manusia dapat terganggu. Gangguan itu banyak ragamnya, di antaranya sebagai berikut.

1. Anemia

Anemia sering disebut sebagai penyakit kurang darah, yaitu kadar Hb dalam darah merah kurang. Anemia juga dapat terjadi karena jumlah sel darah merah yang dihasilkan lebih sedikit daripada sel darah merah yang mati. Penderita anemia akan merasa kurang tenaga dan sangat lelah, tampak pucat, bernafas dengan cepat dan pendek. Anemia karena kehilangan darah dapat disebabkan oleh luka, tukak, atau pendarahan, dan menstruasi yang berlebihan.

2. Karbon Monooksida (CO)

Karbon monooksida merupakan hasil pembakaran tidak sempurna. Zat ini mengikat zat besi hemoglobin, sehingga membentuk karboksi hemoglobin. Karena pengikatan dengan karbon monooksida lebih kuat daripada karbondioksida hingga hemoglobin tidak dapat mengikat oksigen.

3. Polistemia

Polistemia ditandai dengan terlalu banyaknya sel darah merah hingga darah menjadi kental sehingga menurunkan kecepatan aliran darah serta bisa menyumbat kapiler. Produksi sel darah yang besar dan abnormal sering dihasilkan dari berkurangnya pasokan oksigen, seperti di daerah dataran tinggi dan pegunungan.

4. Leukemia

Leukemia disebut juga kanker darah. Terjadi karena produksi leukosit yang terlalu besar atau abnormal hingga sel leukosit tidak matang atau abnormal. Kelebihan produksi leukosit di dalam sumsum tulang merah bisa juga mengganggu pembentukan sel darah merah dan keping darah, hingga berakibat anemia dan hemofili.

5. Hemofili

Hemofili merupakan kelainan dalam proses pembekuan darah, terutama disebabkan oleh kelainan genetik atau keturunan. Orang yang terkena hemofili darah-nya sukar atau tidak dapat membeku.

6. Hipertensi

Hipertensi dianggap sebagai penyebab terbesar timbulnya penyakit jantung. Tekanan darah normal rata-rata 120/80. Tekanan darah diastol (angka bawah) yang lebih dari 90 menandakan adanya hipertensi. Tekanan darah tinggi menyebabkan dinding nadi menjadi keras dan tebal. Resiko ini dapat dikurangi dengan menjaga berat badan, makan makanan yang kadar garamnya rendah, dan olah raga teratur.

7. Kolesterol Tinggi

Kolesterol dalam darah bersenyawa dengan protein membenbentuk lipoprotein. Ada dua lipoprotein yaitu lipoprotein kadar rendah (LDL) dan lipoprotein kadar tinggi (HDL). LDL disebut "lamak jahat"karena menyebabkan *plak* pada dinding arteri. Sedang HDL disebut "lemak baik" karena dapat menurunkan plak pada dinding arteri. Merokok dapat menyebabkan LDL, olahraga teratur dapat meningkatkan HDL.

Cara terbaik mencegah kolesterol tinggi adalah dengan makan makanan yang berlemak rendah. Hamburger, keripik kentang, makanan yang digoreng, es krim, dan keju harus dikurangi.

8. Trombositopenia

Trombositopenia merupakan kondisi di mana jumlah keping darah sangat kurang. Penyakit ini biasanya disebabkan adanya pendarahan kronis melalui pembuluh darah kapiler, kerusakan keping darah, kurangnya produksi keping darah yang disebabkan kelainan genetik, terapi obat, dan terapi radiasi.

9. Varises

Varises terjadi pada vena yang melebar hingga daun katupnya menghambat aliran balik darah. Akibatnya, tekanan vena lebih besar daripada vena normal, menyebabkan pembengkakan. Aliran darah di vena menjadi terhambat hingga terjadi penyumbatan darah.

10. Strok

Strok merupakan kelainan saraf secara tiba-tiba. Sering disebabkan oleh berkurangnya pasokan oksigen darah di otak. Bisa terjadi akibat penyumbatan pembuluh darah, lepasnya penyumbat pembuluh darah besar menuju pembuluh darah yang lebih kecil. Pendarahan dan kebocoran darah dari pembuluh hingga jaringan di sekitarnya mati.

11. Meningitis

Meningitis terjadi karena terinfeksinya pembuluh darah di otak yang disebabkan oleh infeksi pada bagian muka yang merambat ke pembuluh darah otak. Merawat jerawat dan bisul di bagian muka merupakan usaha pencegahan meningitis.

12. Atherosklerosis dan Arteriosklerosis

Penimbunan lemak di dinding arteri disebut *atherosklerosis*, sedangkan penimbunan zat kapur di dinding arteri disebut *arteriosklerosis*. Kedua macam penimbunan ini menyumbat dan mengganggu aliran darah. Pencegahan penyakit ini adalah menjaga badan agar jangan terlalu gemuk, mengurangi lemak dan kolesterol dalam makanan.

13. Penyakit Jantung

Faktor-faktor penyebab penyakit jantung adalah

a. kolesterol
b. hipertensi (darah tinggi)
c. merokok
d. kegemukan
e. tidak pernah olah raga
f. diabetes melitus
g. kelainan genetik

14. Wasir

Wasir disebut juga ambeien, yaitu membesarnya vena yang terdapat di sekitar lubang anus. Penyebabnya karena aliran darah di vena tersebut tidak lancar, misalnya: terlalu banyak duduk, kurang gerak, atau karena terlalu kuat mengejan.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah fungsi sistem peredaran getah bening?
2. Ada berapa macam pembuluh limfa?
3. Bagaimana ciri-ciri penderita leukemia?

1. Sistem transportasi manusia terdiri atas darah, jantung, pembuluh darah, dan getah bening.
2. Darah tersusun atas bagian cair (plasma) dan bagian padat (sel-sel darah). Plasma tersusun atas serum dan fibrinogen, sedangkan sel-sel darah tersusun oleh sel darah merah, sel darah putih, dan keping darah.
3. Sel darah merah berbentuk bulat, pipih, tidak berinti, cekung bagian tengah. Dibentuk di sumsum merah, tulang pipa, dan tulang pipih.
4. Sel darah putih berbentuk tidak tetap dan tak berwarna. Dibentuk di sumsum merah, tulang pipih, limfa, dan kelenjar getah bening.
5. Keping darah (trombosit) berbentuk tidak teratur dan tidak berinti, mengandung enzim trombokinase, berfungsi untuk pembekuan darah.
6. Fungsi darah sebagai pengangkut, pembunuh kuman, penutup luka, dan penjaga suhu tubuh.
7. Alat peredaran darah manusia terdiri atas jantung dan pembuluh darah.
8. Jantung manusia terbagi menjadi 4 ruang yaitu: serambi kiri, bilik kiri, serambi kanan, dan bilik kanan.
9. Pembuluh darah manusia terdiri atas pembuluh arteri dan pembuluh vena. Arteri mengalirkan darah dari jantung ke seluruh tubuh, darahnya kaya oksigen kecuali arteri paru-paru.
10. Peredaran darah manusia disebut peredaran darah ganda/rangkap dan peredaran darah tertutup.
11. Peredaran limfa terdiri atas cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa.
12. Tonsil dan limpa merupakan alat tubuh yang fungsinya sama dengan kelenjar limfa.
13. Beberapa penyakit atau kelainan pada sistem peredaran darah manusia antara lain: anemia, polistemia, leukimia, hemofili, hipertensi, varises, wasir, dan lain-lain.

UJI KOMPETENSI

A. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d di depan jawaban yang tepat!

1. Bagian darah yang berbentuk cair adalah ….
   a. eritrosit
   b. leukosit
   c. trombosit
   d. plasma darah
2. Bagian darah yang berfungsi untuk mengikat oksigen adalah ....
   a. eritrosit
   b. leukosit
   c. trombosit
   d. plasma darah
3. Donor universal adalah golongan darah ….
   a. A
   b. B
   c. AB
   d. O
4. Tekanan darah dapat diukur dengan alat yang disebut ….
   a. tensimeter
   b. manometer
   c. termometer
   d. barometer
5. Salah satu faktor berikut tidak mempengaruhi detak jantung, yaitu ….
   a. berat badan
   b. usia
   c. jenis kelamin
   d. jenis makanan
6. Pembuluh darah yang membawa darah keluar dari jantung dan kaya oksigen adalah ....
   a. arteri pulmonalis
   b. vena pulmonalis
   c. arteri
   d. vena
7. Pada manusia, darah dari bilik kanan jantung akan mengalir ke ….
   a. serambi kiri
   b. serambi kanan
   c. bilik kiri
   d. paru-paru
8. Denyut jantung permenit pada orang normal yang sedang istirahat kurang lebih ….
   a. 40 kali
   b. 75 kali
   c. 150 kali
   d. 175 kali
9. Golongan darah B hanya boleh didonorkan kepada orang yang bergolongan darah ….
   a. A dan B
   b. B dan AB
   c. B dan O
   d. AB dan O
10. Kelainan pada peredaran darah yang menyebabkan pendarahan pada seseorang tidak dapat membeku disebut ….
    a. hemofili
    b. leukimia
    c. anemia
    d. hipertensi

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

1. Apakah perbedaan antara arteri dan vena?
2. Bagaimana mekanisme proses pembekuan darah?
3. Ketika tubuh terkena infeksi, kelenjar limfa di lipatan paha atau di katup akan membengkak. Beri alasanmu!
4. Mengandung apakah, sehingga sel darah merah berwarna merah?
5. Sebutkan 5 penyakit atau kelainan yang berkaitan dengan peredaran darah dan bagaimana cara mengatasinya?

BAB 6

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN TUMBUHAN

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN TUMBUHAN

Pernahkah kalian memperhatikan tumbuhan pada pagi hari? Apakah yang kalian lihat pada ujung-ujung daun tumbuhan itu? Tentunya akan terdapat tetes-tetes air yang disebut dengan *gutasi*.

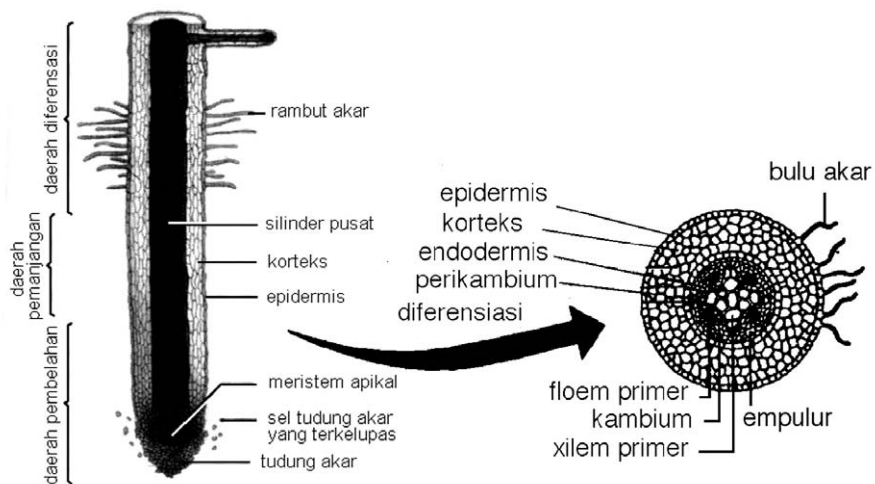
Sekarang coba perhatikan tumbuhan pada siang hari! Apakah masih terdapat tetes-tetes air di ujung-ujung daunnya? Ternyata sudah tidak terdapat tetes-tetes air lagi, mengapa? Proses pengeluaran air dapat melalui penguapan. Dengan demikian, pada tumbuhan terdapat sistem yang mengatur agar alat tubuh tumbuhan dapat bekerja dengan baik.

Sistem apa sajakah yang terdapat pada tumbuhan? Pada tumbuhan terdapat sistem pernapasan, sistem transportasi, transpirasi, serta gerak, dan iritabilitas pada tumbuhan.

A. AKAR

Akar merupakan organ tubuh yang penting bagi tumbuhan. Hal ini dapat terlihat dari fungsi akar, di antaranya menambatkan tubuh tumbuhan pada tanah, menyerap air dan zat hara, kemudian mengalirkannya ke batang dan daun serta menyimpan cadangan makanan.

Akar berasal dari titik tumbuh pada jaringan embrional. Tumbuhan dikotil dan monokotil mempunyai sistem akar yang berbeda. Mengapa demikian? Karena tumbuhan dikotil mempunyai akar tunggang, sedangkan tumbuhan monokotil mempunyai akar serabut.

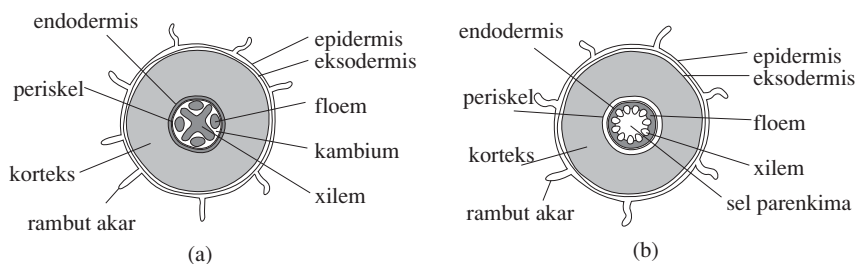
Apabila kita membuat sayatan melintang, kemudian kita amati dengan mikroskop, nampak jaringan pengangkut pada akar terdiri atas pembuluh tapis dan pembuluh kayu, baik akar dikotil maupun monokotil mempunyai susunan anatomis dari luar ke dalam.

Gambar 6.1 Bagian-bagian akar dan sayatan melintangnya

Adapun susunan akar tersebut adalah kulit luar (epidermis), kulit pertama (korteks), kulit dalam (endodermis), dan silinder pusat.

Pada kulit luar (epidermis) terdapat tonjolan yang merupakan perpanjangan dari sel epidermis. Tonjolan ini disebut rambut akar. Rambut akar umumnya terbentuk di dekat ujung akar dan berumur pendek. Melalui rambut akar ini, air dan garam mineral diserap dari dalam tanah. Adanya rambut akar membuat bidang penyerapan menjadi lebih luas.

Rambut akar mengambil air dari dalam tanah secara osmosis. Osmosis adalah gerakan dari larutan yang kurang pekat ke larutan yang lebih pekat melalui selaput semipermeabel. Selaput semipermeabel adalah selaput yang hanya dapat dilalui oleh air. Rambut akar mengambil air secara osmosis karena dinding-dinding selnya bersifat semipermeabel dan cairan selnya lebih pekat dari pada air tanah. Pergerakan air secara osmosis dari sel ke sel pada akar menimbulkan suatu tekanan yang disebut tekanan akar. Tekanan akar akan mendorong air sehingga naik ke pembuluh kayu pada batang.

B. BATANG

Batang merupakan bagian tumbuhan yang berfungsi sebagai penegak tumbuhan sebelum terjadi pertumbuhan sekunder. Susunan jaringan batang sama dengan akar yang disebut epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat (pembuluh kayu dan pembuluh tapis).

Gambar 6.2 Penampang melintang dikotil dan monokotil
(a) Irisan penampang melintang batang dikotil.
(b) Penampang melintang batang monokotil

Pengangkutan pada tumbuhan terjadi dari sel ke sel melalui alat pengangkutan khusus yang disebut pembuluh angkut. Pengangkutan pada tumbuhan bertujuan menyalurkan zat-zat penting yang diperlukan sel tubuh dan menyalurkan zat sisa kegiatan sel untuk dibuang keluar tubuh.

Jaringan pengangkut ada dua macam, yaitu pembuluh kayu dan pembuluh tapis.

a. Pembuluh kayu (*xilem*) terdapat pada bagian kayu

   Pembuluh kayu berfungsi sebagai alat untuk mengangkut air dan unsur hara dari akar ke daun melalui batang.

b. Pembuluh tapis (*floem*) terdapat pada bagian kulit

   Pembuluh tapis berfungsi sebagai alat untuk mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tubuh tumbuhan.

   Letak berkas pembuluh pada batang dikotil dan monokotil tidak sama.

a. Berkas pembuluh pada batang dikotil

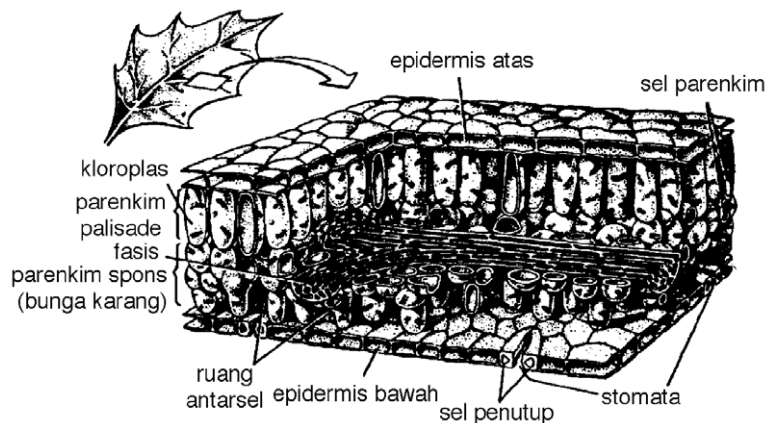
Pada batang dikotil, letak berkas pembuluh beraturan membentuk lingkaran. Pembuluh kayu terletak pada bagian dalam dan pembuluh tapis pada bagian luar. Di antara pembuluh kayu dan pembuluh tapis terdapat kambium. Sel-sel kambium selalu membelah memperbanyak diri. Pembelahan sel kambium ke arah dalam membentuk pembuluh kayu yang baru, sedangkan yang ke arah luar membentuk pembuluh tapis. Kegiatan kambium menyebabkan batang dikotil bertambah besar. Kegiatan kambium dipengaruhi oleh keadaan air dan zat makanan. Pada musim hujan, kambium membentuk pembuluh kayu yang luas. Adapun pada musim kemarau kambium membentuk pembuluh yang sempit. Dengan demikian, pada batang dikotil terdapat pola yang disebut *lingkaran tahun*.

b. Berkas pembuluh pada batang monokotil

Pada batang tumbuhan monokotil, berkas pembuluhnya tersebar tidak beraturan dan tidak mempunyai kambium. Oleh karena tidak berkambium, maka batang monokotil tidak dapat bertambah besar.

C. DAUN

Daun merupakan organ yang paling luas permukaannya. Organ ini efektif untuk menyelenggarakan fotosintesis dan penguapan.

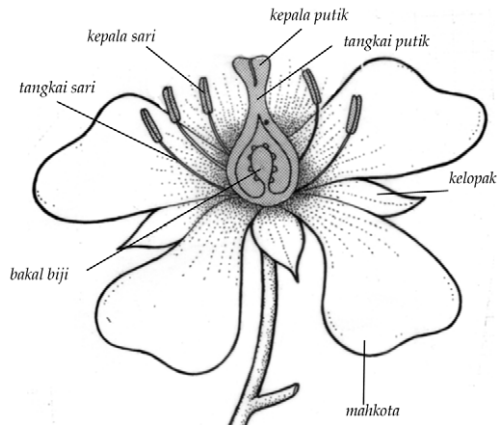
Apabila diperhatikan bentuk luarnya, daun mempunyai beberapa bagian di antaranya helaian daun (*lamina/folium*), tangkai daun (*petiola*), dan pelepah daun. Daun disusun oleh beberapa jaringan, di antaranya epidermis, parenkim, dan palisade.

Gambar 6.3 Jaringan pada daun

Jaringan pengangkut pada daun terdapat pada bagian tulang daun. Jaringan pengangkut ini merupakan kelanjutan dari jaringan pengangkut di batang dan akar. Pada tulang daun terdapat berkas pembuluh yang terletak pada pembuluh kayu dan pembuluh tapis.

Air dan garam mineral dari dalam tanah sampai ke daun melalui pembuluh kayu.

Di ujung tulang daun, air keluar dari pembuluh kayu dan masuk ke sel bunga karang serta sel palisade. Di situ air sebagian untuk fotosintesis dan sebagian dikeluarkan melalui penguapan (*transpirasi*). Fotosintesis terjadi pada jaringan palisade dan jaringan bunga karang yang memiliki klorofil. Hasil fotosintesis adalah glukosa. Glukosa ini diangkut dan diedarkan oleh pembuluh tapis ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Oksigen akan dikeluarkan melalui mulut daun (*stomata*).

D. BUNGA

Bagian-bagian bunga seperti tampak pada gambar 6.4 dapat dikelompokkan dalam perhiasan bunga dan alat kelamin.

Gambar 6.4 Bagian-bagian Bunga

a. Perhiasan Bunga

Perhiasan bunga terletak pada kelopak dan mahkota. Kelopak memiliki warna hijau karena berklorofil dan berfungsi untuk melindungi bagian bunga lainnya pada saat masih kuncup. Mahkota memiliki warna yang beragam, yaitu merah, hijau, kuning, ungu, atau warna lainnya sesuai dengan pigmen yang terkandung dalam selnya. Selain memiliki warna yang menarik, mahkota juga memiliki kelenjar madu (*nektar*) sehingga dapat menarik kehadiran serangga atau burung pemakan madu. Hal tersebut dapat membantu pemindahan serbuk sari dari kepala sari ke kepala putik, baik pada bunga sendiri maupun bunga lain yang sejenis. Fungsi mahkota juga menarik perhatian serangga dan burung serta melindungi putik dan benang sari di dalamnya.

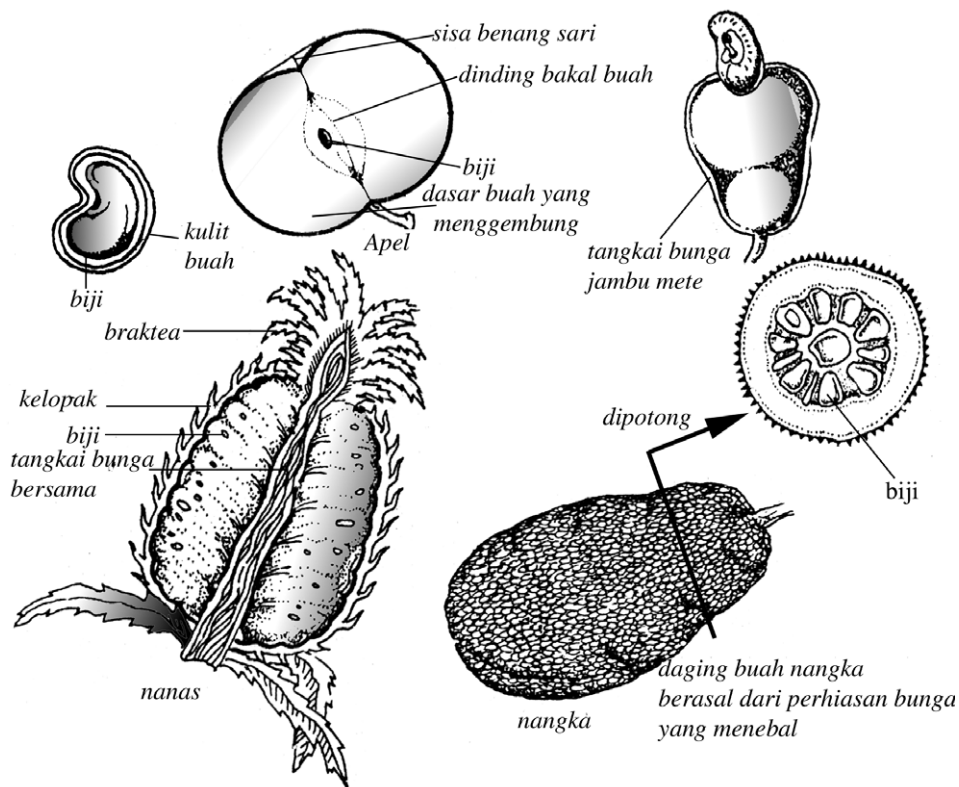
b. Alat Kelamin Bunga

Alat kelamin pada tumbuhan bunga berupa putik sebagai alat kelamin betina dan benang sari sebagai alat kelamin jantan. Benang sari memiliki bagian yang terdapat pada tangkai sari dan kepala sari. Di dalam kepala sari terdapat ruang sari (kotak serbuk sari) yang mengandung serbuk sari dan di dalam kotak serbuk sari terdapat inti spermatozoid. Putik memiliki bagian yang terdapat pada kepala putik, tangkai putik, dan bakal buah. Di dalam bakal buah terdapat satu atau lebih bakal biji yang di dalamnya mengandung inti-inti kandung lembaga dan sel telur.

5. Buah

Buah merupakan organ tumbuhan yang mengandung biji. Buah biasanya berkembang dari alat-alat perkembangbiakan betina, tetapi seringkali bagian-bagian lain pada bunga ikut serta dalam menyusun buah. Bagian luar buah disusun oleh kulit buah yang melindungi biji atau daging buah.

Kulit buah sebelum buah masak tidak mengalami perubahan jaringan yang berarti. Selama perkembangan buah, jumlah sel bertambah tetapi jaringan di dalamnya tetap muda. Pada beberapa buah yang masak kulit buah dapat dibedakan menjadi 3 bagian utama, yaitu eksokarp, mesokarp, dan endokarp. Eksokarp dan endokarp hanya terdapat pada satu sampai beberapa lapis sel, sedangkan pada mesokarp tebal, terutama pada buah berdaging. Pada mesokarp yang berkembang sering terdapat berkas pembuluh tersebar pada jaringan dasar buah yang mungkin berair (pepaya) atau berserabut (kelapa). Endokarp sering juga keras (kelapa) karena mengandung sel-sel batu. Perkembangan buah, biji, serta embrio tumbuhan pada hakikatnya berlangsung bersama-sama.

Beberapa jenis buah yang tidak berasal dan berkembang dari alat pembiakan betina antara lain adalah nanas, nangka, jambu monyet, dan apel. Nanas berasal dari pertumbuhan dasar bunga. Bagian yang dimakan dari nangka adalah daun-daun bunga yang tumbuh bersatu, yaitu tenda bunga dan ibu tangkai bunga. Buah jambu monyet berasal dari tangkai bunga yang menggembung. Buah apel berasal dari pertumbuhan dasar bunga. Buah-buah demikian disebut *buah semu*, kebalikan dari buah sejati.

Gambar 6.5 Aneka buah semu

UJI PEMAHAMAN

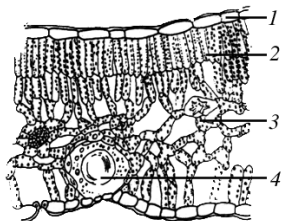
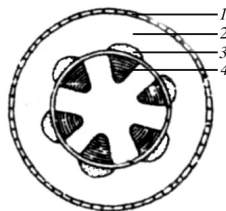
Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apakah fungsi akar bagi tumbuhan?
2. Berapakah jaringan pengangkut yang dimiliki tumbuhan? Sebutkan!
3. Apakah sebenarnya rambut akar itu?
4. Dimana letak berkas pembuluh pada batang dikotil dan batang monokotil?
5. Pertumbuhan dari manakah sebetulnya buah apel itu?

1. Struktur dan fungsi jaringan tumbuhan meliputi akar, batang, daun, buah, biji, dan bunga.
2. Tumbuhan dikotil mempunyai akar tunggang, sedangkan tumbuhan monokotil mempunyai akar serabut.
3. Struktur dan susunan akar terdiri atas kulit luar (epidermis), kulit pertama (korteks), kulit dalam (endodermis), dan silinder pusat.
4. Jaringan pengangkut pada batang ada 2, yaitu xilem dan floem disebut juga berkas pembuluh.
5. Pada batang dikotil letak berkas pembuluh beraturan membentuk lingkaran dan memiliki kambium.
6. Pada batang monokotil letak berkas pembuluh tersebar tak beraturan dan tidak memiliki kambium.
7. Daun tersusun oleh struktur dan jaringan yang berupa epidermis, parankin, dan palisade.
8. Struktur dan fungsi bunga terdiri atas mahkota, kelopak, benang sari dan putik.
9. Bagian luar buah tersusun oleh kulit buah yang melindungi daging buah dan biji.
10. Struktur kulit buah terdiri atas eksokarp, mesokarp, dan endokarp.

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d, di depan jawaban yang tepat!

1. Salah satu fungsi rambut akar adalah ....
   a. melindungi akar
   b. melindungi tudung akar
   c. memperluas bidang penyerapan
   d. menembus lapisan tanah
2. Daya isap daun timbul karena adanya ....
   a. pernapasan pada daun
   b. penguapan pada daun
   c. fotosintesis pada daun
   d. pengangkutan pada daun
3. Jaringan pembuluh yang berfungsi mengangkut air dan garam mineral dari dalam tanah ke daun adalah ....
   a. xilem c. floem
   b. lentisel d. stomata
4. Pada tumbuhan monokotil, letak berkas pembuluhnya ....
   a. teratur
   b. membentuk lingkaran
   c. tidak teratur
   d. pada bagian kulit
5. Keluar masuknya udara pernapasan pada bagian daun terjadi melalui ....
   a. kutikula c. stomata
   b. palisade d. epidermis
6. Perhatikan gambar penampang daun berikut!

   Berkas pembuluh ditunjuk oleh nomor ....
   a. 1 c. 3
   b. 2 d. 4
7. Pembuluh tapis (*floem*) berfungsi mengangkut dan mengedarkan ....
   a. makanan hasil fotosintesis
   b. air dan garam mineral
   c. udara pernapasan (oksigen)
   d. udara sisa pernapasan (karbon dioksida)
8. Masuknya air ke dalam sel-sel akar dapat terjadi karena ....
   a. adanya tekanan air di dalam tanah
   b. cairan di dalam sel akar lebih pekat dari pada air tanah.
   c. adanya daya isap rambut akar.
   d. cairan di dalam sel akar lebih encer dari pada air tanah
9. Perhatikan gambar berikut ini!

   Pembuluh kayu dan pembuluh tapis di tunjuk oleh nomor ….
   a. 1 dan 2 c. 3 dan 4
   b. 2 dan 3 d. 1 dan 4
10. Batang yang mempunyai lingkaran tahun ditemukan pada tumbuhan ....
    a. herba c. rumput
    b. berkayu d. jamur

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jelas!

1. Akar apa sajakah yang dimiliki tumbuhan berdasarkan keping bijinya?
2. Bagaimana susunan dan struktur akar suatu tumbuhan?
3. Apakah fungsi xilem dan floem itu?
4. Siapakah yang mengedarkan hasil fotosintesis berupa glukosa pada tumbuhan?
5. Berikan 3 contoh buah semu!

BAB 7

FOTOSINTESIS, GERAK, DAN PENYAKIT PADA TUMBUHAN

Standar Kompetensi:

- *Memahami berbagai sistem dalam kehidupan tumbuhan.*

Kompetensi Dasar:

- *Mendeskripsikan proses perolehan nutrisi dan transformasi energi pada tumbuhan hijau.*
- *Mengidentifikasi macam-macam gerak pada tumbuhan.*
- *Mengidentifikasi hama dan penyakit pada organ tumbuhan yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.*

Dengan bantuan energi cahaya (matahari) tumbuhan hijau dapat membuat makanannya sendiri. Pembuatan makanan hanya terjadi pada bagian tumbuhan yang mengandung klorofil. Pada tumbuhan tingkat tinggi (tumbuhan paku dan tumbuhan biji) klorofil terdapat pada sel batang muda, buah yang belum matang, dan daun. Organ-organ tersebut merupakan tempat terjadinya fotosintesis. Oleh sebab itu tumbuhan disebut *organisme autotrof*.

A. FOTOSINTESIS

Fotosintesis adalah proses pembuatan makanan oleh tumbuhan hijau.

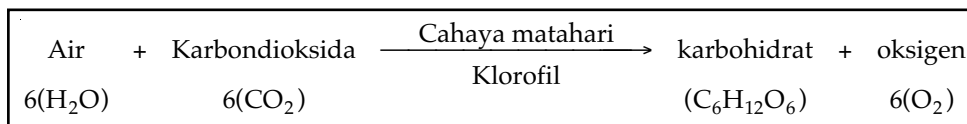
Dalam proses pembuatan makanan, tumbuhan memerlukan karbondioksida, air, dan cahaya. Bahan-bahan ini diperoleh dari lingkungannya. Coba perhatikan gambar berikut.

Karbondioksida diambil dari udara melalui stomata, sedangkan air diisap oleh akar dari dalam tanah dan diangkut sampai ke daun. Cahaya matahari ditangkap klorofil. Setelah semua bahan baku untuk pembuatan makanan tersedia, tumbuhan melakukan fotosintesis.

Hasil fotosintesis adalah karbohidrat dan hasil sampingannya berupa oksigen. Karbohidrat yang dihasilkan dari fotosintesis berupa glukosa. Glukosa diedarkan dan dimanfaatkan oleh tumbuhan itu sendiri. Selain itu, sebagian glukosa diubah menjadi zat tepung (pati) dan disimpan sebagai cadangan makanan. Misalnya, pada akar dan batang. Cadangan makanan inilah yang dimakan oleh hewan dan manusia.

Oksigen yang dihasilkan dalam proses fotosintesis dikeluarkan ke udara melalui stomata. Oksigen diperlukan oleh semua makhluk hidup untuk bernapas. Proses fotosintesis dapat dinyatakan sebagai berikut.

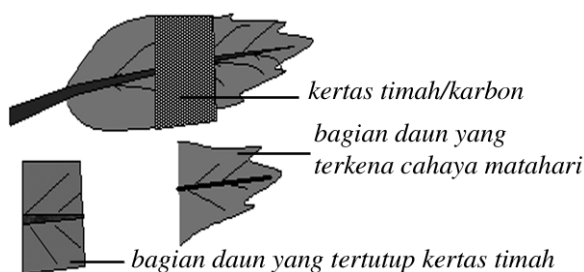
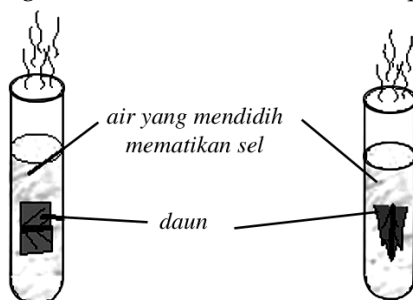
$$\text{Air} + \text{Karbondioksida} \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya matahari}} \text{karbohidrat} + \text{oksigen}$$

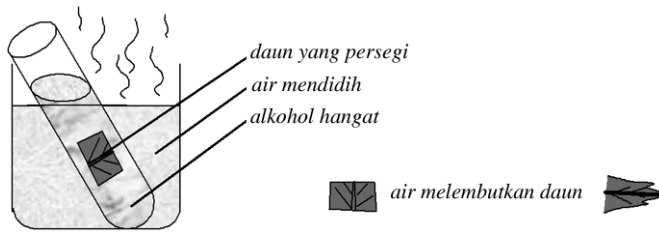
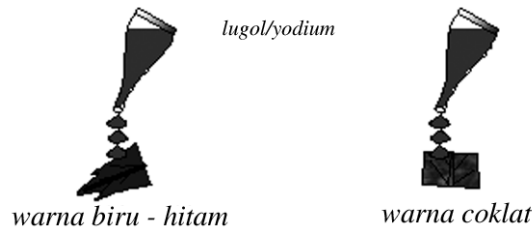
$$6(H_2O) \quad 6(CO_2) \quad (C_6H_{12}O_6) \quad 6(O_2)$$

Pada siang hari tumbuhan hijau menghasilkan oksigen maka jika pada siang hari kita duduk di bawah pohon akan terasa segar.

Catatan:

Proses fotosintesis dapat berlangsung selama ada cahaya baik dari matahari maupun sumber cahaya lain. Dengan demikian, fotosintesis pada tumbuhan hijau dapat terjadi kapanpun selama ada energi cahaya dengan intensitas yang memadai.

Kegiatan 7.1 Membuktikan bahwa tumbuhan hijau dapat membuat makanan

2. Alat dan bahan :
   1) kaki tiga
   2) pembakar spiritus
   3) gelas ukur
   4) tabung reaksi
   5) cawan petri
   6) pinset
   7) pipet tetes
   8) larutan lugol
   9) alkohol 70%
   10) kertas timah atau karbon
   11) daun tumbuhan.
3. Langkah kerja:
   1) Sehari sebelum percobaan dilakukan, tutuplah sebagian dari daun pada kedua sisi dengan kertas timah atau kertas karbon! Biarkan daun terkena sinar matahari! Petik pada saat melakukan percobaan!
   2) Bukalah kertas timah yang menutupi daun dan guntinglah daun seperti pada gambar berikut!

   3) Masukkan kedua bagian daun tersebut ke dalam air panas hingga layu!

   4) Kemudian masukkan kedua bagian daun yang telah layu tersebut masing-masing ke dalam tabung reaksi yang diberi alkohol secukupnya!

5) Tabung reaksi yang berisi daun dan alkohol tersebut kemudian masukkan ke dalam air mendidih hingga alkohol dalam tabung reaksi menjadi panas! Seperti tampak pada gambar. Gantilah alkohol bila sudah berwarna hijau! Tahapan ini dilakukan sampai daun tidak berwarna hijau lagi!

6) Bila daun sudah tidak berwarna hijau, angkat dan tetesilah dengan larutan lugol (yodium)! Amatilah perbedaan yang terjadi terhadap bagian daun yang terkena cahaya dan bagian daun yang tertutup karbon!

Diskusi

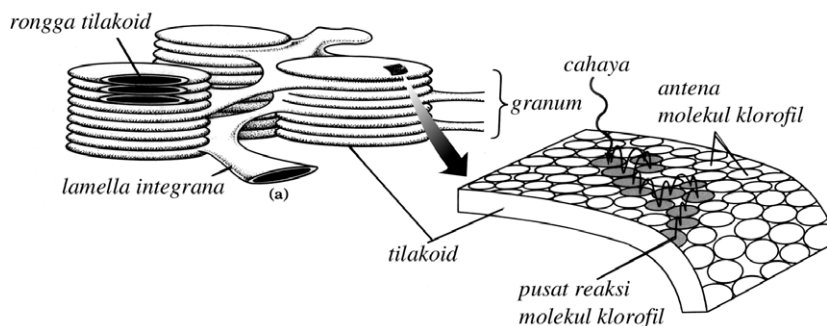
1) Apakah fungsi alkohol?
2) Apakah fungsi larutan lugol?
3) Apakah fungsinya daun dimasukkan ke dalam air mendidih?
4) Bagaimana warna kedua bagian daun tersebut setelah ditetesi larutan lugol?
5) Buatlah kesimpulan hasil percobaan di atas!
6) Buat laporan ilmiah dan kumpulkan kepada bapak/ibu guru.

B. CAHAYA, KLOROFIL, DAN KLOROPLAS

Proses fotosintesis memerlukan cahaya, terutama cahaya matahari. Tumbuhan hijau menyerap energi dari cahaya matahari dan menggunakannya untuk membuat karbohidrat. Bagian tumbuhan hijau yang berfungsi menyerap cahaya matahari adalah klorofil yang terdapat dalam kloroplas.

Dalam kloroplas kadang-kadang dijumpai zat warna (pigmen) lain, misalnya pigmen warna merah dan kuning. Pigmen tersebut juga berfungsi menangkap energi yang tidak dapat ditangkap oleh klorofil. Contohnya adalah pigmen kuning pada wortel dan tomat.

Klorofil banyak terdapat pada jaringan tiang (palisade). Dengan demikian fotosintesis berlangsung terutama di jaringan palisade.

Pada tumbuhan hijau dan ganggang, klorofil terdapat di dalam kloroplas. Kloroplas dibatasi oleh membran yang terdiri atas dua lapis lemak. Membran dalam kloroplas membentuk suatu seri membran yang dikenal sebagai tilakoid. Di dalam tilakoid inilah energi dari sinar matahari dapat ditangkap dan disimpan.

Gambar 7.1 Struktur kloroplas yang terdapat pada daun tumbuhan

Kloroplas pada sebagian besar tumbuhan mengandung dua macam klorofil yang menyatu dengan membran tilakoid. Kedua macam klorofil tersebut adalah:

1. klorofil a, memberikan warna hijau dengan rumus molekul $C_{55}H_{72}MgN_4O_5$
2. klorofil b, memberikan warna biru dengan rumus molekul $C_{55}H_{70}MgN_4O_6$

Secara umum, jumlah klorofil a tiga kali lipat jumlah klorofil b. Pada saat molekul klorofil b menyerap sinar maka energi yang terbentuk dipindahkan ke klorofil a. Dengan demikian, adanya klorofil b akan memperluas spektrum panjang gelombang sinar yang dapat diserap sebagai sumber energi.

Reaksi Fotosintesis

Fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan, berlangsung melalui dua tahap reaksi, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

1. Reaksi Terang

Reaksi terang, yaitu reaksi fotosintesis yang memerlukan cahaya. Dalam reaksi terang, berlangsung pengubahan energi cahaya matahari menjadi energi kimia. Pada reaksi ini terjadi pemecahan molekul-molekul air menjadi hidrogen, oksigen, dan sejumlah energi. Energi yang terbentuk kemudian disimpan dan dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk reaksi gelap.

Reaksi terang merupakan tahap awal serangkaian reaksi yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk ATP (*Adenosin Tri Phosphat*) dan NADP (*Nicotinamida Adenin Dinucleotid Phosphat*).

2. Reaksi Gelap

Reaksi gelap, yaitu reaksi fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya. Reaksi ini disebut juga siklus Calvin. Dalam reaksi gelap berlangsung serangkaian reaksi pembentukan gula dengan menggunakan CO_2 dan hidrogen dari air.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Apa sajakah hasil fotosintesis itu?
2. Apakah fungsi klorofil a dan klorofil b itu?
3. Jelaskan perbedaan antara reaksi terang dan reaksi gelap!

C. MACAM-MACAM GERAK PADA TUMBUHAN

Gerak pada tumbuhan adalah gerak yang dilakukan oleh bagian dari tubuh tumbuhan yang disebabkan adanya rangsangan tertentu. Misalnya, gerak mekarnya kelopak bunga, gerak membeloknya batang ke arah sinar matahari, dan gerak pertumbuhan akar ke bawah.

Berdasarkan arah rangsangan dan respons yang dilakukan oleh tumbuhan, gerak pada tumbuhan terbagi atas taksis, tropisme, dan nasti.

1. Taksis

Gerak taksis dilakukan oleh seluruh tubuh tumbuhan, pada umumnya terjadi pada tumbuhan tingkat rendah. Respons yang terjadi dipengaruhi oleh arah datangnya rangsangan. Dengan demikian, gerak tumbuhan bisa menjauhi atau mendekati arah rangsangan.

a. Kemotaksis

Kemotaksis yaitu gerakan pindah tempat karena pengaruh rangsangan zat kimia. Misalnya, gerak yang dilakukan oleh sel gamet jantan membuahi sel gamet betina pada tumbuhan lumut.

b. Fototaksis

Fototaksis yaitu gerak pindah tempat karena pengaruh rangsangan cahaya. Jika mendekati rangsangan disebut *fototaksis positif*, jika menjauhi dinamakan *fototaksis negatif*. Misalnya, gerak *Euglena viridis* menuju permukaan air untuk mendapatkan sinar matahari.

2. Tropisme (Tropi)

Gerak tropisme dilakukan oleh sebagian tubuh tumbuhan dan respons yang terjadi sesuai dengan arah rangsangan. Respons tumbuhan dapat menjauhi atau mendekati rangsangan.

a. Fototropisme

Fototropisme adalah gerak sebagian tumbuhan yang arah geraknya dipengaruhi oleh rangsang cahaya. Misalnya gerak ujung batang tumbuhan membelok ke arah datangnya cahaya.

b. Geotropisme

Geotropisme adalah gerak sebagian tubuh tumbuhan yang arah gerakannya dipengaruhi oleh rangsang gaya gravitasi bumi (arah gerak yang mendekati pusat bumi dinamakan *geotropisme positif* dan kebalikan arah gerak yang selalu menjauhi pusat bumi dinamakan *getropisme negatif*). Misalnya, gerak ujung akar tumbuhan ke arah pusat bumi dan gerak pertumbuhan batang yang selalu menjauhi pusat bumi.

c. Hidrotropisme

Hidrotropisme adalah gerak sebagian tubuh tumbuhan yang arah geraknya dipengaruhi oleh rangsangan sumber air. Misalnya gerak ujung akar mendekati sumber air.

d. Tigmotropisme

Tigmotropisme adalah gerak sebagian tubuh tumbuhan yang arah geraknya dipengaruhi oleh rangsang persinggungan. Misalnya anggur (*Pasiflora*) yang cenderung mencari tempat persinggungan untuk pertumbuhan sulurnya (kawat atau tonggak penopang tumbuhan).

Kegiatan 7.2 Memahami gerak fototropisme

1. Alat dan bahan:
   1. Cawan petri 3. Selotip
   2. Kapas lembap 4. Tiga biji kedelai
2. Langkah kerja:

1) Letakkan kapas lembap pada cawan petri!
2) Letakkan tiga biji kedelai seperti pada gambar!

Biji A		
Biji B		
Biji C		

3) Tutuplah cawan petri dan diselotip! Letakkan di tempat gelap! (Letakkan dalam posisi berdiri seperti gambar)
4) Amatilah setelah dua hari.

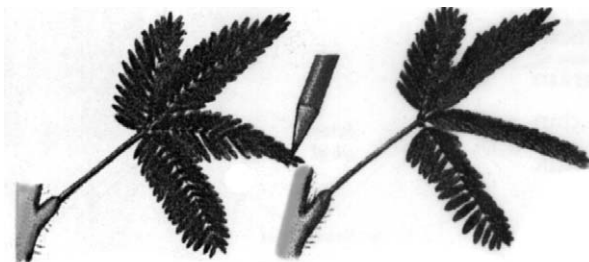
Diskusi

1. Bagaimanakah arah pertumbuhan akar dan tunas?
2. Mengapa perangkat percobaan diletakkan di tempat gelap?

3. Gerak Nasti

Gerak bagian tumbuhan yang arahnya tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsangan disebut *nasti*. Berdasarkan jenis rangsangan yang diterima oleh tumbuhan ada beberapa macam gerak nasti, antara lain *tigmonasti, fotonasti, dan termonasti.*

a. Tigmonasti

Apabila tumbuhan putri malu disentuh, daun-daunnya akan segera bergerak menutup. Arah penutupan daun tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsangan. Gerak ini disebut *nasti*. Nasti yang terjadi karena sentuhan seperti pada putri malu disebut *tigmonasti*. Gerak menutupnya daun putri malu terjadi karena adanya perubahan tekanan turgor pada tangkai daunnya.

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan

Gambar 7.2 Tigmonasti pada daun putri malu

b. Fotonasti

Sumber: Doc Mefi

Gambar 7.3 Fotonasti pada bunga pukul empat

Bunga pukul empat akan mekar pada sore hari karena rangsangan cahaya matahari pada saat itu. Arah mekarnya bunga tersebut tidak dipengaruhi oleh arah datangnya cahaya matahari yang datang dari arah barat. Gerak ini disebut nasti. Gerak nasti yang disebabkan rangsangan cahaya matahari seperti pada bunga pukul empat disebut fotonasti.

c. Termonasti

Sumber: Doc Mefi

Gambar 7.4 Temonasti pada bunga tulip

Termonasti adalah gerak nasti yang disebabkan oleh rangsangan suhu. Contoh termonasti terjadi pada bunga tulip. Terbukanya (mekarnya) bunga tulip terjadi pada hari-hari yang hangat, yaitu pada musim semi. Lihat gambar 7.4!

Kegiatan 7.3 Menunjukkan adanya gerak pada tumbuhan

1. Alat dan bahan:

1) tumbuhan putri malu (tumbuhan si kejut)
2) lidi
3) korek api

2. **Langkah kerja:**
   1) Berilah sentuhan pada tumbuhan putri malu di bagian A, B, dan C! Sentuhan dilakukan menggunakan ujung lidi!
   2) Catatlah pada tabel pengamatan perubahan yang terjadi pada bagian-bagian yang disentuh. Setelah disentuh diamkan dan amati selama 10 menit, catat pula perubahannya dalam tabel!
   3) Lakukan dengan cara yang sama menggunakan lidi membara (jangan mengenai daun itu)! Catat perubahannya!
3. **Tabel hasil pengamatan**

Perlakuan Yang Diberikan	Perubahan Yang Terjadi	
	Pada saat disentuh	Dalam waktu 10 menit
Sentuhan dengan lidi a. anak daun b. pangkal tangkai anak daun c. pangkal tangkai daun		
Dipanasi dengan lidi membara a. anak daun b. pangkal tangkai anak daun c. pangkal tangkai		

Diskusi

1) Apakah yang terjadi ketika daun putri malu disentuh dengan lidi serta lidi yang membara?
2) Kemanakah arah gerakannya, jika bagian A, B, dan C disentuh?
3) Berdasarkan hasil pengamatanmu, dipengaruhi oleh apakah kecepatan menutup daun atau tulang daun maupun tangkai daun putri malu?
4) Buatlah kesimpulanmu dari kegiatan di atas!
5) Buatlah laporan dan kumpulkan kepada bapak/ibu guru!

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

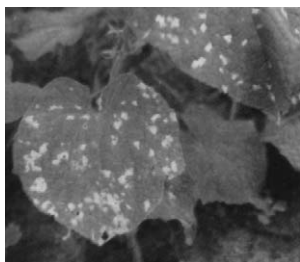
1. Berikan 3 contoh gerak pada tumbuhan!
2. Bedakan pengertian kemotaksis dengan fototaksis berdasarkan pengaruh rangsang!
3. Apakah pengertian hidrotropisme itu?

D. HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

Seperti halnya makhluk hidup yang lain tumbuhan pun dapat terserang penyakit. Penyakit tersebut menyerang salah satu organ tumbuhan atau menyerang seluruh bagian tumbuhan.

1. Penyakit Tumbuhan

Pernahkan kamu melihat tumbuhan yang terserang penyakit? Lihat gambar 7.5!

Tanaman ini daunnya menjadi belang-belang sampai akhirnya warna tanaman menjadi kuning seluruhnya dan pertumbuhan menjadi terhambat. Mengapa tanaman menjadi demikian? Hal ini disebabkan oleh serangan mikroorganisme (virus, cendawan, dan bakteri). Mikroorganisme dapat disebarkan oleh hewan dan angin.

Gambar 7.5 *Sumber: Doc Mefi*

Tanaman yang daunnya berbercak kuning akibat terserang penyakit

Contoh-contoh penyakit tanaman

a. Penyakit rebah kecambah

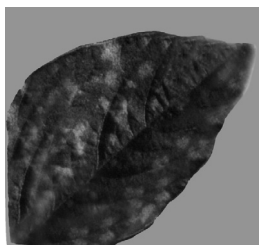
Penyakit rebah kecambah adalah penyakit pembusukan pada leher akar tanaman yang baru tumbuh (sedang berkecambah). Penyakit ini disebabkan oleh serangan cendawan *Phythium sp.* atau *Rhizoctonia solani*.

Akibatnya leher akar mengecil sehingga akar tak mampu menopang batang. Batang tanaman menjadi busuk dan kering. Akhirnya tanaman yang baru akan rebah.

Gambar 7.6 *Sumber: Doc Mefi*

Tanaman yang terserang penyakit rebah kecambah

b. Penyakit embun tepung

Penyakit ini menyerang biji yang sedang tumbuh, sehingga biji yang belum mempunyai daun pertama menjadi keropos dan akhirnya mati.

Penyebabnya adalah cendawan *Peronospora parasitica*. Cendawan ini kadang-kadang juga menyerang biji yang sudah mempunyai daun pertama sehingga tanaman menjadi kerdil. Tanaman kerdil ini dapat tumbuh terus tapi pada daunnya terdapat bercak-bercak hitam sehingga produksinya rendah.

Sumber: Doc Mefi

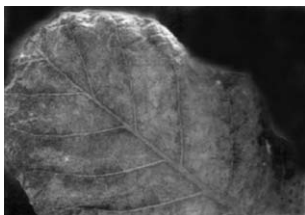
Gambar 7.7

Daun mempunyai bercak hitam akibat penyakit embun tepung

c. **Penyakit yang menyerang pembuluh tapis pada batang jeruk**

Gejalanya, kuncup-kuncup daun menjadi kecil, akhirnya berwarna kuning sehingga menjadi buah berwarna kuning. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri, yaitu *Bacteri Like Organism*.

d. **Penyakit pada ruas-ruas batang dan butir padi**

Penyakit ini disebabkan oleh cendawan *Pyricularia oryzae.* Akibatnya ruas-ruas batang mudah patah, tanaman padi akhirnya mati.

Gambar 7.8 *Sumber: Doc Mefi*

Daun tembakau yang terserang TMV

e. **TMV (*Tobacco Mosaic Virus*)**

Banyak petani tembakau yang mengalami kerugian karena adanya virus TMV (*Tobacco Mosaic Virus*) yang menyerang permukaan bagian atas dari daun tembakau. Daun tembakau tampak berbercak-bercak putih yang mengakibatkan tak bermutunya daun dan tidak dapat dijual

f. **CVPD (*Citrus Vein Phloem Degeneration*)**

CVPD, yaitu penyakit yang merusak pembuluh tapis batang tanaman jeruk. Penyebabnya adalah virus.

g. **Penyakit virus belang**

Penyakit ini biasa menyerang tanaman kedelai. Penyebabnya, yaitu virus dengan penyebaran melalui perantaraan angin.

h. **Penyakit bulai**

Penyakit ini biasanya menyerang tanaman jagung.

Gambar 7.9

Jagung yang terkena penyakit bulai

i. **Penyakit kerdil rumput**

Penyakit ini biasa menyerang tanaman padi. Penyebabnya adalah virus dengan penyebaran melalui perantaraan hama wereng. Penyakit kerdil rumput pernah merajalela di tanah air dan mewabah secara nasional.

Untuk mengendalikan penyakit ini dilakukan dengan jalan mengendalikan hewan perantaranya, yaitu wereng dengan cara sebagai berikut.

a. Menanam padi VUTW (varietas unggul tahan wereng).
b. Memutus daur perkembangbiakan wereng dengan jalan berikut.
   - Mengupayakan rotasi tanaman, yaitu menanam dua jenis tanaman di satu lahan secara bergantian. Misalnya padi - kedelai - padi - jagung - istirahat dan seterusnya.
   - Menanam padi secara serentak dalam areal yang luas. Jenis padi yang ditanam sama. Hal ini dilakukan agar pemanenan dapat dilakukan serentak dalam satu waktu, yaitu tidak terdapatnya tanaman padi sama sekali sehingga hama wereng tidak memperoleh makanan dan akhirnya mati.
c. Membunuh wereng secara langsung menggunakan insektisida dengan dosis yang tepat sehingga hama wereng dapat diberantas tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem.

2. Hama Tanaman

Selain penyakit akibat mikroorganisme, organ-organ pada tumbuhan dapat rusak akibat adanya hama. Hama yang menyerang organ tumbuhan umumnya adalah hewan. Hama tanaman dapat berupa:

a. kelompok hewan menyusui, misalnya tikus, kera, dangajah;
b. kelompok serangga, misalnya walang sangit, wereng, belalang, kumbang, dan kutu daun;
c. kelompok burung, misalnya burung pipit, manyar, dan gelatik;
d. gulma, tanaman pengganggu yang tumbuh di sekitar tanaman budi daya.

Di antara hewan-hewan tersebut yang paling banyak menjadi perusak organ tanaman adalah serangga. Serangga yang dapat merusak organ tumbuhan adalah

a. Walang sangit

Walang sangit ini menyerang biji padi yang masih muda dan lunak. Akibatnya biji padi menjadi kosong, kadang berisi

b. Ulat penggerek

Ulat penggerek merupakan fase metamorfosis dari kupu-kupu *Scirpophaga innotata.* Ulat ini menggerek dan merusak batang kemudian menyerbu titik tumbuh padi yang sedang disemai. Ulat tersebut dapat pindah dari satu batang ke batang yang lain. Serangan ulat pada pucuk padi mengakibatkan daun baru tidak terbentuk dan pucuk daun menjadi kuning dan akhirnya mati.

Fungsi organ tumbuhan dapat terganggu oleh hama atau penyakit yang menyerang organ tumbuhan.

Sumber: Seri Fauna Serangga

Gambar 7.10
Walang sangit, hama tanaman padi

c. **Wereng**, menyerang tanaman padi dan menyebarkan virus yang menyerang padi.
d. **Kutu loncat**, merusak tanaman lamtoro.
e. **Belalang sexava**, merusak tanaman kelapa.
f. **Ulat kupu artona**, merusak tanaman kelapa.

Upaya Pencegahan Penyakit dan Hama Tanaman

Upaya pengendalian dan pemberantasan hama tanaman dapat dilakukan melalui 2 macam cara, yaitu secara kimiawi dan secara biologi.

a. Secara Kimiawi

Pemberantasan hama secara kimiawi merupakan upaya pengendalian pertumbuhan hama tanaman menggunakan pestisida, yaitu zat kimia pembasmi hama tanaman. Pestisida terdiri atas:

1) insektisida untuk memberantas serangga (insekta),
2) larvasida untuk memberantas larva (ulat),
3) fungisida untuk memberantas jamur, dan
4) algasida untuk memberantas ganggang.

Karena pestisida berasal dari zat kimia yang berbahaya maka dalam menggunakan harus sangat hati-hati dengan memperhatikan aturan pakai secara cermat. Hal tersebut dikarenakan pestisida:

1) dapat menyebabkan kematian hewan lain yang sebenarnya bermanfaat bagi manusia,
2) apabila masuk ke dalam bahan makanan dapat bersifat racun sehingga membahayakan kesehatan manusia, dan
3) dapat merusak keseimbangan ekosistem (alam).

b. Secara Biologi

Pemberantasan secara biologi merupakan upaya pengendalian pertumbuhan hama tanaman menggunakan makhluk hidup pemangsa hama tanaman. Contoh berbagai hewan pemangsa tanaman yaitu:

1) ulat kupu artona dikendalikan dengan hewan semacam lebah penyengat,
2) kutu loncat dikendalikan dengan semut rangrang, dan
3) tikus dikendalikan dengan burung hantu.

c. Gulma

Untuk menjamin agar pembudidayaan tanaman dapat berhasil dengan baik, para petani senantiasa berusaha agar tanah yang dikelolanya tetap subur dan sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Namun demikian, tanah yang subur tidak hanya baik untuk pertumbuhan tanaman yang kita budidayakan. Tanah yang subur juga baik untuk pertumbuhan tanaman lain yang tidak kita inginkan pertumbuhannya. Tanaman tersebut tumbuh subur dan akan bersaing dengan tanaman yang kita budidayakan. Keadaan ini mengakibatkan terganggunya pertumbuhan tanaman budidaya kita. Jenis tanaman pengganggu tanaman budidaya ini disebut gulma. Contoh tumbuhan yang termasuk gulma, yaitu rumput, tanaman, paku-pakuan, dan eceng gondok.

Cara memberantas gulma dilakukan melalui 2 macam cara, yaitu:

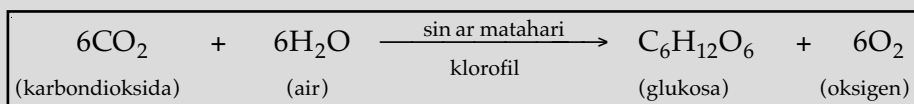
1) cara tradisional dengan jalan mencabuti gulma secara langsung
2) cara modern dengan jalan menyemprot menggunakan herbisida.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Bagaimana ciri-ciri penyakit rebah kecambah pada tanaman?
2. Penyakit tanaman apakah yang disebabkan bakteri *Like organism*?
3. Apakah pengertian hama dan penyakit itu?

1. Tumbuhan hijau merupakan contoh organisme autotrof karena dapat memenuhi kebutuhan makannya sendiri melalui proses fotosintesis.
2. Proses fotosintesis, yaitu proses pengubahan zat anorganik menjadi zat organik.
3. Tumbuhan hijau dapat melangsungkan proses fotosintesis karena mengandung klorofil.
4. Fotosintesis berlangsung melalui dua tahap reaksi, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.
5. Secara umum reaksi fotosintesis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\underset{\text{(karbondioksida)}}{6CO_2} + \underset{\text{(air)}}{6H_2O} \xrightarrow[\text{klorofil}]{\text{sin ar matahari}} \underset{\text{(glukosa)}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{(oksigen)}}{6O_2}$$

6. Fotosintesis sangat diperlukan, oleh seluruh makhluk hidup di bumi, yaitu sebagai sumber energi dan penghasil oksigen.
7. Berdasarkan arah gerak dan responnya gerak pada tumbuhan dibedakan menjadi gerak tropisme, nasti, dan taksis.
8. Berdasarkan jenis rangsang yang mempengaruhinya, gerak nasti dibedakan menjadi tigmonasti (rangsang sentuhan), termonasti (rangsang suhu), fotonasti (rangsang gelap), dan nasti kompleks (lebih dari satu jenis rangsang).
9. Gerak taksis, yaitu gerak pindah tempat seluruh tubuh tumbuhan menuju atau menjauhi rangsang.
10. Berdasarkan jenis rangsang yang mempengaruhinya, gerak taksis dibedakan menjadi fototaksis (rangsang cahaya) dan kemotaksis (rangsang zat kimia).
11. Gerak higroskopis, yaitu gerak tubuh tumbuhan karena pengaruh perubahan kadar air di dalam sel sehingga terjadi pengerutan yang tidak merata
12. Hama adalah hewan-hewan yang memangsa atau merusak tanaman.
13. Penyakit adalah makhluk hidup penyebab terganggunya daya tahan tubuh tanaman terhadap pengaruh luar.
14. Gulma adalah jenis tanaman pengganggu tanaman budidaya.

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d, di depan jawaban yang tepat!

1. Di antara pernyataan di bawah ini yang benar adalah ....
   a. fotosintesis merupakan proses pemecahan air
   b. fotosintesis memerlukan karbohidrat dan air
   c. fotosintesis dapat berlangsung tanpa adanya klorofil
   d. fotosintesis membentuk
2. Di antara pernyataan di bawah ini yang benar adalah ....
   a. jumlah klorofil a 1/2x jumlah klorofil b
   b. jumlah klorofil a 2x jumlah klorofil b
   c. jumlah klorofil a 3x jumlah klorofil b
   d. jumlah klorofil a 4x jumlah klorofil b
3. Pernyataan di bawah ini yang tidak berhubungan dengan reaksi gelap, yaitu ....
   a. reaksi fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya
   b. reaksi yang disebut juga dengan siklus Calvin
   c. reaksi fotosintesis yang memerlukan cahaya
   d. serangkaian reaksi pembentukan gula dengan menggunakan CO_2 dan hidrogen dari air
4. Faktor dari dalam tubuh tumbuhan yang mempengaruhi laju fotosintesis, yaitu ....
   a. ketersediaan air
   b. cahaya
   c. suhu
   d. umur daun
5. Mekarnya bunga pukul empat merupakan contoh ....
   a. tigmonasti
   b. fotonasti
   c. termonasti
   d. niktinasti
6. Geotropisme adalah gerak bagian tumbuhan karena adanya rangsangan ....
   a. air
   b. cahaya
   c. sentuhan
   d. gaya tarik bumi
7. Simaklah pernyataan-pernyataan berikut ini!
   1) Ujung tunas membengkok ke arah sumber cahaya.
   2) Sulur tanaman merambat, akan melilit ketika disentuh.
   3) Bunga tulip bermekaran pada hari-hari yang hangat di musim semi.
   4) Sel gamet jantan tumbuhan lumut bergerak menuju sel gamet betina
   5) Akar tumbuh dan bergerak ke arah pusat bumi

   Gerak nasti ditunjukkan oleh pernyataan ....
   a. 1 dan 2 c. 3 dan 4
   b. 2 dan 3 d. 4 dan 5
8. Gerak perpindahan tempat sebagian atau seluruh bagian tumbuhan disebut ....
   a. nasti c. taksis
   b. tropisme d. pasif
9. Gerak *Euglena viridis* mendekati cahaya termasuk jenis gerakan ....
   a. hidrotropisme
   b. fototropisme
   c. kemotaksis
   d. fotonasti

10. Hewan pengganggu tanaman disebut ....
    a. hama
    b. penyakit
    c. gulma
    d. bilogis
11. Cendawan *Pernaspora parasitica* biasa menyebabkan penyakit pada tanaman dengan menyerang ....
    a. buah c. daun
    b. akar d. biji
12. Bakteri *Like organism* biasa menyerang pembuluh tapis tanaman ....
    a. mangga c. jeruk
    b. jambu d. padi
13. Virus TMV biasa menyerang tanaman ....
    a. mangga c. jeruk
    b. jambu d. jagung
14. Serangga ini biasa menyerang tanaman padi, yaitu ....
    a. walang sangit
    b. CPUD
    c. gelatik
    d. tikus
15. Ulat artona dan belalang sexava biasa menyerang tanaman ....
    a. padi
    b. jagung
    c. kelapa
    d. jeruk

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Apakah pengertian fotosintesis itu?
2. Apakah yang dimaksud:
   a. reaksi terang
   b. reaksi gelap
3. Jelaskan perbedaan gerak tropisme dengan gerak nasti!
4. Apa yang dimaksud dengan:
   a. tropisme positif
   b. tropisme negatif
5. Apakah pengertian hama dan penyakit pada tanaman itu?

BAB 8

KONSEP PARTIKEL MATERI

Standar Kompetensi:

- *Menjelaskan Konsep Partikel Materi.*

Kompetensi Dasar:

- *Menjelaskan konsep atom, ion, dan molekul.*
- *Menghubungkan konsep atom, ion, dan molekul dengan produk kimia sehari-hari.*
- *Membandingkan molekul unsur dan molekul senyawa.*

KONSEP PARTIKEL MATERI

produk kimia

atom

ion

molekul

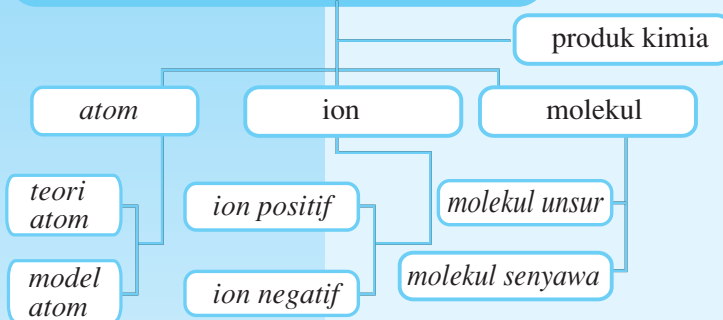
teori atom

model atom

ion positif

ion negatif

molekul unsur

molekul senyawa

Materi di alam jenisnya sangat banyak, untuk mempermudah mempelajarinya perlu dikelompok-kelompokkan menjadi zat tunggal (unsur dan senyawa) dan campuran (homogen dan heterogen). Unsur, senyawa, maupun campuran tersusun oleh partikel dasar yang sama disebut atom. Atom adalah bagian terkecil dari unsur yang masih memiliki sifat sama seperti unsur tersebut. Para ahli kimia berusaha mencari cara untuk mempelajari unsur yang jenisnya kian bertambah.

A. ATOM

1. Teori Atom

Para ahli filsafat Yunani sejak 2000 tahun yang lampau merumuskan gagasan bahwa zat itu tidak dapat dihancurkan atau dibagi secara terus menerus.

Partikel adalah zat terkecil yang tidak dapat dipecahkan lagi. Hal ini, oleh Demokritos dinamakan *atom*. *Atomos* berarti tidak dapat dibagi lagi. Konsep tentang atom tidak dilandasi eksperimen, tetapi menurut hasil pemikiran.

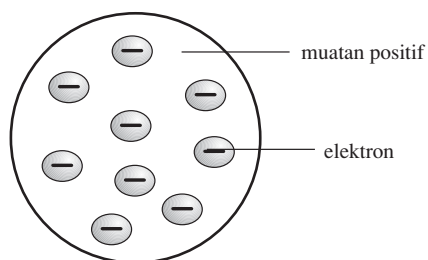
Awal abad 19 gagasan tentang atom dan bagian terkecil daripada zat dipelajari oleh **John Dalton** yang menggunakan teorinya sebagai berikut.

a. Atom adalah partikel terkecil dari suatu materi yang sudah tidak dapat dibagi-bagi.
b. Atom suatu unsur tidak dapat berubah menjadi atom unsur lain.
c. Atom-atom dapat membentuk molekul.
d. Atom-atom suatu unsur mempunyai sifat-sifat dan massa yang sama.
e. Pada reaksi kimia atom bergabung menurut perbandingan tertentu yang sederhana.

Teori ini terutama memuaskan sekali dalam menerangkan percobaan-percobaan reaksi kimia. Meskipun dengan kemajuan teknologi, di mana atom diketahui masih mempunyai bagian-bagian, namun hal ini tidak mempengaruhi nilai teori Dalton. Bagaimanapun juga teori Dalton merupakan sumbangan besar terhadap perkembangan ilmu pengetahuan pada saat itu.

2. Model Atom

a. Model Atom J.J Thomson

Bila John Dalton mengemukakan teorinya seperti di atas, bahwa atom tidak dapat dibagi lagi, ternyata bertentangan dengan eksperimen-eksperimen.

Gambar 8.1 Model atom J.J. Thomson

Partikel-partikel yang lebih kecil, yang membentuk atom-atom sekarang banyak kita kenal. Sehubungan dengan penemuan elektron yang menjadi bagian dari atom maka **J.J. Thomson** menyarankan untuk pertama kali suatu model atom.

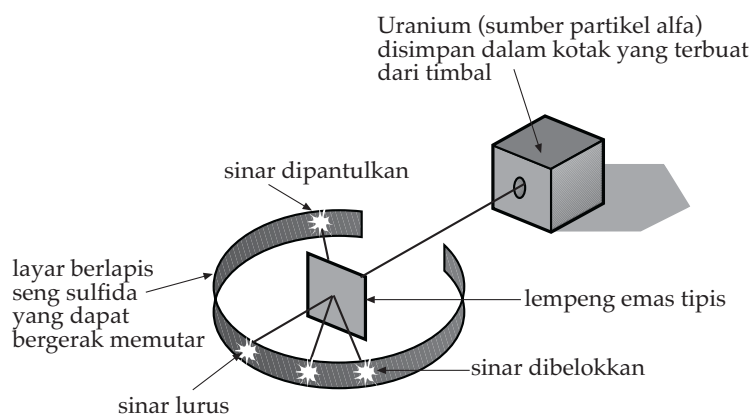
Teori atom menurut J.J. Thomson.

1) Atom berbentuk bola pejal yang bermuatan positif dan mengandung sejumlah elektron bermuatan negatif yang tersebar di seluruh zat atom.
2) Jumlah muatan positif dalam atom sama dengan jumlah muatan negatif elektron sehingga secara keseluruhan muatan atom adalah netral.

Model atom ini tidak dikembangkan secara terperinci, karena ternyata tidak cocok dengan percobaan-percobaan **Rutherford**.

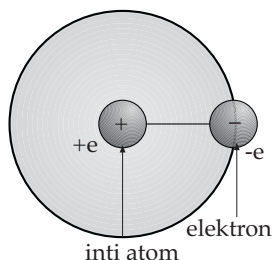
b. Model Atom Rutherford

Ernest Rutherford pada tahun 1911 mengemukakan teorinya tentang susunan atom. Untuk membuktikan teorinya di dalam laboratorium Rutherford, Geoger, dan Marsder mengadakan suatu percobaan dengan menembakkan partikel-partikel alpa pada suatu lempengan emas yang sangat tipis, yaitu setebal 0,01 mm atau kira-kira setebal 200 atom. Apabila model atom Thomson itu benar, maka partikel-partikel alpa tidak akan dihamburkan pada saat mengenai lempengan emas.

Partikel alpa dengan energi yang sangat besar dan massa elektron diharapkan akan bergerak lurus, tak terganggu oleh elektron dan muatan positif atom emas yang menyebar di sekitar elektron.

Gambar 8.2
Percobaan Rutherford menggunakan partikel alfa

Ternyata partikel-partikel alpa yang digunakan dalam percobaan itu tidak seluruhnya dapat menembus lempengan emas secara lurus, tetapi beberapa di antaranya ada yang dibelokkan, bahkan ada yang dikembalikan dengan membentuk sudut antara 90^{o} sampai 120^{o}. Hal ini menunjukkan bahwa muatan positif dari atom tidak menyebar, tetapi mengumpul pada suatu tempat dalam tiap-tiap atom, sehingga dapat menghamburkan partikel-partikel alpa pada saat menumbuk atom-atom tersebut. Percobaan inilah yang mendorong Rutherford pada tahun 1911 untuk menyusun model atom yang baru.

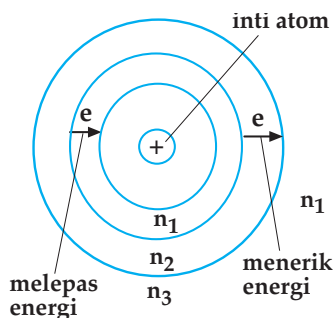
Menurut Rutherford

Atom tersusun dari inti atom yang bermuatan positif dan elektron-elektron yang bermuatan negatif bergerak mengelilingi inti tersebut

Gambar 8.3 Model atom Rutherford

c. Model Atom Bohr

Niels Bohr menyusun model atom berdasarkan model atom Rutherford dan teori kuantum. Model atom Bohr berdasarkan postulat-postulat berikut.

1) Elektron tidak dapat berputar mengelilingi inti pada setiap lintasan, tetapi hanya melalui lintasan tertentu tanpa membebaskan energi. Lintasan ini disebut lintasan stasioner.
2) Jika elektron berpindah dari salah satu lintasan ke lintasan lain yang terhadapnya lebih dalam, akan dipancarkan energi dan bila berpindah ke lintasan yang letaknya lebih luar, akan diserap energi.

Model atom Bohr digambarkan sebagai berikut.

Gambar 8.4 Model atom Bohr

Kelebihan atom Bohr adalah bahwa atom terdiri atas beberapa kulit untuk tempat berpindahnya elektron.

Kelemahan model atom ini adalah tidak dapat menjelaskan spektrum warna dari atom berelektron banyak. Dengan demikian diperlukan model atom yang lebih sempurna dari model atom Bohr.

Berdasarkan uraian di atas ternyata masing-masing model atom mempunyai kelebihan dan kelemahan.

Tabel 8.1 Kelebihan dan Kelemahan model atom

Model Atom	Kelebihan	Kelemahan
Menurut Thomson seperti roti kismis	Membuktikan adanya partikel lain yang bermuatan negatif dalam atom. Berarti atom bukan merupakan bagian terkecil dari suatu unsur. Selain itu juga memastikan bahwa atom tersusun dari partikel yang bermuatan positif dan negatif untuk membentuk atom netral. Juga membuktikan bahwa elektron terdapat dalam semua unsur.	Belum dapat menerangkan bagaimana susunan muatan positif dalam bola dan jumlah elektron.

Model Atom	Kelebihan	Kelemahan
Menurut Rutherford seperti planet bumi mengelilingi matahari	Membuat hipotesa bahwa atom tersusun atas inti atom dan elektron yang mengelilingi inti.	Model tersebut tidak dapat menerangkan mengapa elektron tidak pernah jatuh ke dalam inti sesuai dengan teori fisika klasik.
Menurut Neils Bohr seperti bola, dengan inti atom yang dikelilingi sejumlah elektron	Mampu membuktikan adanya lintasan elektron untuk atom hidrogen.	Hanya dapat menerangkan atom-atom yang memiliki elektron tunggal seperti gas hidrogen, tetapi tidak dapat menerangkan spektrum warna dari atom-atom yang memiliki banyak elektron

3. Ion

Dalam perkembangan teori atom di dapat bahwa inti atom tersusun atas partikel proton yang bermuatan positif dan partikel netron yang bermuatan netral.

Di dalam atom netral jumlah proton sama dengan jumlah elektron.

Karena suatu sebab elektron dari suatu atom dapat keluar dari atomnya dan karena sesuatu sebab pula sebuah atom dapat menangkap elektron dari luar.

Atom yang kehilangan elektron menjadi ion positif dan atom yang mendapat tambahan elektron menjadi ion negatif.

Contoh, dalam ikatan antara atom hidrogen (H) dan atom klorida (Cl) membentuk asam klorida (HCl), maka atom hidrogen kehilangan satu elektron menjadi ion positif hidrogen (H^+) dan atom klorida menangkap satu elektron menjadi ion negatif klorida (Cl^-).

4. Molekul Unsur dan Molekul Senyawa

Bila kita merebus air dalam panci secara terus-menerus, maka air dalam panci akhirnya dapat habis berubah menjadi uap air di udara. Kita tidak dapat melihat uap air itu. Partikel-partikel air itu terlalu kecil untuk dilihat, walaupun menggunakan mikroskop.

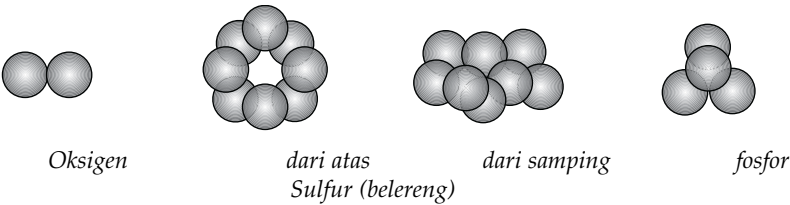
Partikel yang kecil itu disebut molekul air.

Molekul adalah bagian terkecil dari suatu zat yang masih mempunyai sifat zat itu.

Molekul-molekul tersebut ada yang tersusun dari atom-atom yang sejenis ada juga yang tersusun dari beberapa jenis atom.

Molekul yang tersusun dari atom-atom sejenis disebut *molekul unsur*, misalnya molekul oksigen (O_2), molekul hidrogen (H_2), dan molekul nitrogen (N_2).

Oksigen *dari atas* *dari samping* *fosfor*

Sulfur (belereng)

Gambar 8.5 Molekul Unsur

Molekul yang tersusun dari beberapa jenis atom disebut molekul senyawa, misalnya molekul asam sulfat (H_2SO_4), molekul air (H_2O) dan molekul karbondioksida (CO_2).

Asam Sulfat (asam belereng)

H = Hidrogen *S = belereng*

O = Oksigen *C = karbon*

Gambar 8.6 Molekul senyawa

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Berasal dari kata apakah atom itu? Dan apa arti kata tersebut?
2. Apa yang mendasari Rutherford menggambarkan model atom yang tidak sama dengan model atom J.J. Thomson?
3. Bilamana sebuah atom berubah menjadi ion positif?
4. a. Apa sajakah contoh molekul unsur selain O_2, H_2, dan N_2? (Dua contoh saja)

   b. Apa sajakah contoh molekul senyawa selain H_2SO_4, H_2O dan CO_2? (Dua saja)

B. HUBUNGAN ATOM, ION, DAN MOLEKUL DENGAN PRODUK KIMIA

Perhatikan gambar di antara produk kimia yang tersaji pada penjual bakso di bawah ini.

Sumber: Doc Mefi

Gambar 8.7 Penjual Bakso Mi Ayam

Bila kita membeli bakso, di depan kita sering tersaji berbagai macam sajian untuk menambah selera makan, misalnya garam dapur, saos, kecap, sambal, dan cuka. Garam dapur biasa digunakan untuk menambah rasa asin, sedang cuka digunakan untuk menambah rasa asam.

Garam dapur yang dalam bahasa kimianya natrium klorida memiliki rumus NaCl. Garam dapur (NaCl) tersusun atas ion-ion, yaitu ion positif yang berasal dari natrium (Na^+) dan ion klorida (Cl^-) sebagai ion negatif.

Adapun pada cuka (Asam Asetat) memiliki rumus molekul CH_3COOH. Asam asetat tersusun atas dua atom C (karbon), empat atom H (hidrogen), dan dua atom O (oksigen). Semua atom dalam asam asetat bersatu membentuk senyawa dengan perbandingan tertentu.

Kadang kita juga sering melihat tulisan dalam label cuka yaitu 25%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam 100 mL larutan cuka, 25 mL adalah cuka dan 75 mL adalah pelarut/pengencer yang biasanya menggunakan air.

Dari uraian di atas jelas bahwa ada kaitan erat antara produk kimia dengan konsep atom, ion, atau molekul.

Tugas

1. Cari lima produk kimia yang ada di sekitar kalian dan catat unsur-unsur yang menyusun produk kimia tersebut!
2. Jika pada botol alkohol tertulis label 70% apa arti tulisan tersebut?

1. Atom : bagian terkecil dari sutau partikel yang tidak dapat dibagi-bagi lagi.
2. Ion : atom yang jumlah proton yang tidak sama dengan jumlah elektronnya.
3. Ion positif : ion yang jumlah proton lebih banyak dari jumlah elektron.
4. Ion negatif : ion yang jumlah elektron lebih banyak dari jumlah proton.
5. Molekul : bagian terkecil dari suatu zat yang mempunyai sifat sama dengan zatnya.
6. Molekul unsur : molekul yang tersusun dari atom-atom sejenis.
7. Molekul senyawa : molekul yang tersusun dari atom-atom tidak sejenis.

UJI KOMPETENSI

I. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Bagian terkecil suatu zat yang masih memiliki sifat zat itu disebut ....
   a. atom c. senyawa
   b. molekul d. unsur
2. Partikel penyusun atom yang bermuatan positif disebut ....
   a. proton c. netron
   b. elektron d. positron
3. Parikel terkecil dari suatu unsur yang tidak dapat dibagi-bagi lagi menjadi zat lain disebut ....
   a. unsur c. molekul
   b. senyawa d. atom
4. Di bawah ini yang tergolong molekul senyawa adalah ....
   a. gas karbondioksida
   b. gas oksigen
   c. gas nitrogen
   d. gas helium
5. Zat tunggal yang tidak dapat diuraikan lagi secara kimia biasa disebut ....
   a. senyawa c. larutan
   b. campuran d. unsur
6. Dalam molekul senyawa terdiri atas unsur ....
   a. sejenis
   b. berlainan jenis
   c. logam
   d. bukan logam
7. Dalam sebuah atom di dapat jumlah proton lebih banyak dari jumlah elektron, maka atom tersebut dinamakan ....
   a. ion positif
   b. senyawa positif
   c. ion negatif
   d. senyawa negatif
8. Sebatang kaca setelah digosok dengan kain sutera menjadi bermuatan positif, hal ini terjadi karena atom kaca ....
   a. kehilangan elektron
   b. kehilangan proton
   c. ketambahan elektron
   d. ketambahan proton
9. perbandingan atom-atom H, S, dan O dalam molekul H_2SO_4 adalah ....
   a. 1 : 2 : 4 c. 2 : 1 : 4
   b. 2 : 4 : 1 d. 1 : 4 : 2
10. Molekul NH_3 termasuk molekul ....
    a. unsur c. negatif
    b. postif d. senyawa

II. Kerjakan soal-soal di bawah ini!

1. Apa yang dimaksud dengan:
   a. Atom b. Ion c. molekul
2. Bilamana elektron dalam sebuah atom dalam pindah lintasan:
   a. menyerap energi dari luar
   b. melepaskan energi
3. Batang ebonit setelah digosok dengan kain wool ternyata batang ebonit bermuatan negatif dan kain wool bermuatan positif. Jelaskan proses terjadinya hal tersebut!
4. Sebutkan persamaan dan perbedaan antara molekul unsur dan molekul senyawa!
5. Sebutkan dampak negatif dari makan-makanan yang banyak menggunakan bahan penyedap dan pewarna dari bahan kimia!

BAB 9

BAHAN KIMIA DALAM KEHIDUPAN

Standar Kompetensi:

- *Memahami kegunaan bahan kimia dalam kehidupan.*

Kompetensi Dasar:

- *Mencari informasi tentang kegunaan dan efek samping bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari.*
- *Mengkomunikasikan informasi tentang kegunaan dan efek samping bahan kimia.*
- *Mendeskripsikan bahan kimia alami dan bahan kimia buatan dalam kemasan yang terdapat dalam bahan makanan.*
- *Mendeskripsikan sifat/pengaruh zat aditif dan psikotropika.*
- *Menghindarkan diri dari pengaruh zat aditif dan psikotropika.*

BAHAN KIMIA DALAM KEHIDUPAN

- kimia rumah tangga
  - *pembersih*
  - *pewangi*
  - *pemutih*
  - *obat*
  - *pembasmi serangga*
- bahan makanan
  - *pewarna*
    - *alami*
    - *buatan*
  - *pemanis*
  - *pengawet*
    - *tradisional*
    - *buatan*
  - *penyedap*
    - *alami*
    - *sintetik*
- NAPZA
  - *opium*
  - *penenang*
  - *perangsang*
  - *halusinogen*
  - *nikotin*

Di zaman modern seperti saat ini banyak bahan atau barang yang kita konsumsi atau kita gunakan membantu usaha kita berasal dari bahan atau barang produk bahan kimia. Bahan-bahan kimia tersebut kita gunakan di lingkungan rumah tangga atau di luar lingkungan rumah tangga, misalnya di lingkungan pertanian atau lingkungan kesehatan.

Dengan maraknya penggunaan bahan kimia tersebut akhirnya dapat menggeser bahan-bahan tradisional, seperti contoh berikut.

1. Bahan makanan ringan tradisional yang berupa singkong, pisang, umbi-umbian. Sekarang telah digeser dengan bahan makanan ringan, dasar bahan makanan tradisional tetapi dikemas dengan ramuan yang mengandung bahan kimia.
2. Bahan keramas rambut yang dahulu menggunakan bahan dasar klerak (Jawa) atau jerami padi sekarang digeser dengan shampo dengan berbagai merek.
3. Bahan pembersih lantai yang menggunakan ampas kelapa sekarang digeser dengan bahan pembersih lantai cair produk bahan kimia. Pupuk pada lahan pertanian yang dulu menggunakan bahan kotoran hewan atau tumbuh-tumbuhan sekarang digeser dengan pupuk buatan yang berasal dari bahan kimia.

Masih banyak lagi bahan-bahan kimia yang sekarang kita gunakan. Ada banyak alasan mengapa orang sekarang banyak beralih ke penggunaan bahan-bahan kimia tersebut. Bagaimana menurut kalian tentang penggunaan bahan kimia tersebut? Penggunaan bahan-bahan kimia tersebut selain banyak kegunaannya (manfaatnya), tentunya juga dapat menimbulkan efek negatif. Lingkup penggunaan bahan kimia tersebut dapat dikelompokkan menjadi lima, antara lain bahan kimia di rumah tangga, bahan kimia dalam bahan makanan, bahan kimia dalam industri, bahan kimia dalam pertanian, dan bahan kimia dalam kesehatan.

A. BAHAN KIMIA DI RUMAH TANGGA

1. Bahan Kimia Pembersih

Bagaimana kamu membersihkan pakaian yang kotor? Apakah hanya cukup dengan pencucian air saja? Inilah kegiatan kita setiap hari, ternyata air tidak memiliki kemampuan menahan kotoran yang telah terlepas dari kain agar tetap berada di air (tersuspensi). Oleh karena itu, diperlukan bahan kimia yang dapat membantu melepas kotoran dari tempatnya menempel dan kemudian menahan agar kotoran yang telah terlepas tetap tersuspensi. Bahan kimia tersebut telah kita kenal yaitu sabun dan deterjen. Perhatikan tabel di bawah ini yang memuat kandungan kimia dari bahan pembersih.

Tabel 9.1. Kandungan Kimia Bahan Pembersih

No.	Bahan Pembersih	Kandungan Kimia
1.	Sabun	*Sodium palmitat, Sodium palm kernelate, Sodium palm stearate, Aqua, Glycerin, Sodium chloride, Parfum, Cl 77891, Panthenol.*
2.	Detergen	LAS, Builder, Antiredeposisi, Bahan Pencemerlang, Bahan Pewangi
3.	Shampo	*Water, Sodium lauryl eter sulfate, Cocomidopropyl, Betaine dimethico, Glycol distearate, Sodium cloride, Fragance, Cerbomer*
4.	Pasta Gigi	*Sodium monoflourophosphate, Calcium glycerophosphate*

Ket : - Bahan utama untuk bahan pembersih yang digarisbawahi.
- Bahan tambahan untuk bahan pembersih yang tidak digarisbawahi.

Bahan kimia penyusun bahan pembersih dibedakan atas bahan utama (bahan aktif) yang berfungsi sebagai *surfaktan*, dan bahan tambahan (bahan aditif) yang berfungsi sebagai penguat (builder), pelembut (pada pakaian), pewarnaan, pemberi aroma (pewangi), pengawet, pengental, dan medium (pelarut).

Dengan adanya surfaktan, maka lemak atau kotoran yang tadinya tidak dapat bercampur dengan air, kini dapat bercampur dengan air, sehingga lemak atau kotoran dapat dilepaskan atau dihilangkan dari tempatnya menempel.

Larutan pembersih tidak membuih dalam air sadah. Air sadah adalah air yang mengandung garam kalsium karbonat ($CaCO_3$) atau garam magnesium karbonat ($MgCO_3$). Perhatikan tabel macam-macam surfaktan pada pembersih berikut.

Pemilihan surfaktan pada tiap-tiap produk tergantung pada sasaran yang dicuci. Tabel 9.2 berikut mencantumkan berbagai macam surfaktan dan produk yang sering digunakan, sedangkan Tabel 9.3 adalah deskripsi macam-macam bahan aktif pada pembersih.

Tabel 9.2 Macam-macam Surfaktan

No.	Surfaktan	Produk
1.	Linear Alky Benzene Sulfonate * (LABS)	Cairan pencuci piring Deterjen jenis keras
	Lauril Sulfonate (LAS)	Deterjen jenis lunak
2.	Dedocyl Benzene Sulfonate (DDBS)	Deterjen bubuk
3.	Etoksisulfat*	Deterjen (pencuci kain)
4.	Alkil sulfat*	Cairan pencuci piring Pencuci kain (deterjen) Sampo
5.	Etoksilat **	Diterjen serba guna
	Amonium kuarterner ***	Cairan pelembut pakaian
6.	Amidazolin	Pencuci alat – alat rumah tangga
7.	Betain	Pencuci alat – alat rumah tangga

Ket : *) Dalam air berubah menjadi partikel bermuatan negatif, memiliki daya bersih yang sangat baik, berbusa banyak.

**) Dalam air tidak berubah menjadi partikel bermuatan, busa sedikit, tetapi dapat bekerja dalam air sadah atau air yang kandungan mineralnya tinggi.

***) Dalam air berubah menjadi partikel bermuatan positif.

Mencuci tangan menggunakan sabun biasa sudah baik, yang penting dipastikan telah menggosok dan mencuci seluruh permukaan tangan, telapak tangan serta di sela-sela jari. Untuk higienitas, bukan dilihat dari berapa lama kalian mencucinya tetapi seberapa besar permukaan yang bisa terbasuh sabun kemudian dibilas hingga bersih. Sabun dan air bekerja bersama-sama dalam menghanyutkan kuman.

Tabel 9.3. Deskripsi Macam-macam Bahan adiktif Pada Bahan Pembersih

No.	Bahan adiktif	Deskripsi
1.	Penguat (builder) pada deterjen	Bahan ini berfungsi meningkatkan efisiensi surfaktan. Builder digunakan untuk melunakkan air sadah, sehingga surfaktan dapat berfungsi lebih baik. Selain itu, builder juga membantu menciptakan kondisi keasaman yang tepat agar proses pembersihan dapat berlangsung lebih baik. Contoh builder adanya senyawa kompleks fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat, natrium silikat atau zeolit.
2.	Penguat pada pembersih kaca	Metanol (CH_3OH), metanol merupakan senyawa yang mirip dengan alkohol (etanol, C_2H_5OH). Jika metanol tidak ada, larutan ini dapat diganti dengan IPA (Iso Propil Alkohol).
3.	Penguat pada cairan pencuci piring	Soda api (NaOH). Campuran antara LABS, larutan soda api, dan air disebut larutan *atinsoft*
4.	Pelembut pakaian (softener)	Bahan utama pelembut pakaian adalah distearil dimetil amonium khlorida. Bahan utama ini dijumpai di pasaran dengan nama dagang antara lain : Quartamin D86P, Bratasoft, dan Accosoft.
5.	Pengawet	Beberapa jenis bahan pengawet yang sering dipakai adalah EDTA (*Ethylene Diamine Tetra acetic*), *sodium benzoat* dan *sodium salicylate*. Bahan ini dipakai untuk menjaga produk dari serangan jamur atau organisme lain.
6.	Pengental	Garam natrium klorida (NaCl) dalam campuran shampo berperan untuk mengatur kekentalan. Keberadaan garam akan sedikit menurunkan kejernihan produk.
7.	Medium (pelarut)	Produk yang berbasis cair (liquid based) seperti shampo dan yang lain menggunakan air sebagai pelarut. Untuk menjaga kestabilan produk, maka air yang ideal digunakan adalah air yang sudah mengalami deionisasi (dihilangkan ion – ion yang terkandung didalamnya)
8.	Parfum dan Pewarna	Parfum dan Pewarna. Berdasarkan fungsi teknisnya, keberadaan parfum dan pewarna memang tidak terlalu penting. Pemilihan parfum dan pewarna yang tepat akan sangat berarti bagi produk yang akan dipasarkan.
9.	Vitamin	Vitamin yang terkandung dalam tumbuhan terbukti mampu merawat dan memelihara pertumbuhan rambut beserta akarnya. Misalnya, kandungan betakaroten dalam wor tel, kandungan zat aktif polisakarida dalam lidah buaya, atau vitamin E dan B dalam kacang hijau, semuanya bermanfaat bagi kesuburan dan keindahan rambut.

No.	Bahan adiktif	Deskripsi
10.	Pelembut rambut	Untuk menimbulkan efek lembut pada ram but dipakai stearyl alcohol, acetyl alcohol, iso propyl myristate, dan parafin cair. Jika terlalu banyak dipakai dapat menurunkan busa pada produk.
11.	Pemberi nuansa alami	Untuk lebih kembali ke alam (back to nature), beberapa produk dikombinasikan dengan zat adiktif jenis nabati, seperti ekstrak seledri, lidah buaya, atau merang untuk memberi nuansa alami dan kesan lebih ramah lingkungan

2. Bahan Kimia Pemutih

Pemutih yang paling banyak beredar di pasaran adalah dari jenis sodium hipoklorit, yang berfungsi sebagai pemutih. Senyawa ini dapat berfungsi sebagai penghilang noda dan desinfektan (sanitizer). Fungsi ganda NaOCl sebagai penghilang noda maupun desinfektan, dapat menjadi peluang tersendiri dalam penjualan. Pemutih ini ada dua wujud, yaitu padat dan cair. Pemutih padat (bubuk putih) adalah kalsium hipokhlorit dengan rumus kimia $CaOCl_2$. Pada umumnya, masyarakat mengenal senyawa ini sehingga kaporit. Kaporit lazim dipakai untuk mensucihamakan air ledeng dan kolam renang. Pemutih cair adalah sodium hipoklorit (NaOCl).

Jika kamu membuat sendiri bahan pemutih ini, maka harus disediakan bahan-bahan sebagai berikut:

- Sodium hipokhlorit, NaOCl (12%)
- Emal-70
- Parfum
- Air

Seperti telah diketahui bahwa sodium hipokhlorid merupakan bahan utama produk pemutih. Pada umumnya NaOCl yang tersedia di pasaran mempunyai konsentrasi 12% - 13%. Mengapa tidak disediakan konsentrasi yang lebih tinggi? Ini semata-mata pertimbangan keselamatan dan teknis.

Emal-70 adalah nama dagang dari jenis surfaktan berbahan aktif *alkyl sulphate.* Penambahan bahan ini hanya sebagai alternatif. Jika kita ingin menambah fungsi pemutih sebagai penghilang noda (staim remover). Seperti halnya Emal-70, parfum merupakan zat pilihan (tak harus ada). Kebanyakan produk pemutih yang ada di pasar tidak memakai parfum. Kadang penambahan parfum tidak memunculkan aroma parfum. Jenis air yang dipakai idealnya adalah air yang sudah dimurnikan (aquades). Namun, karena pengadaan aquades tidak mudah dan harganya cukup tinggi maka penggunaan air biasa dimungkinkan.

3. Bahan Kimia Pewangi (Parfum)

Parfum adalah hasil pencampuran berbagai macam *fragrance* (wewangian) yang bersifat mudah menguap dengan bau tertentu. Bahan kimia pewangi sering ditambahkan pada berbagai produk seperti sabun, deterjen, sampo, pembersih kaca, cairan pencuci piring, dan cairan pelembut pakaian, serta dijual dalam bentuk pengharum tubuh maupun ruangan.

Gambar 9.1. menunjukkan dua macam kemasan sebuah produk shampo, yaitu botol dan sachet.

Sumber: Doc Mefi

Gambar 9.1 Kemasan Produk Shampo

Pada setiap kemasan dicantumkan kandungan kimianya (ingredients). Ingredients yang tertulis pada kemasan (botol) shampo di atas adalah sebagai berikut:

Ingredients : *water, sodium Lauryl Ether Sulfate, Cocomidopropyl Betaine, Glycol Distearate, Dimethicone, Sodium Chloride, Fragrance, Carbomer, Guarthydroxy Propyltrimimonium, Chloride, Cl 77266, Lysine, Sodium Hydroxide, Hydrogen Chloride, Butylated, Hydroxy Toluena, Farmaldehyde, Urang-Aring Extract*.

Pada ingredients sampo nampak adanya fragrance. Inilah petunjuk bahwa produk shampo terdapat kandungan bahan pewangi. Bacalah ingredients untuk produk-produk bahan pembersih yang lain! Apakah kalian menemukan tulisan fragrance.

Perusahaan umumnya tidak mau menuliskan bahan kimia yang digunakan sebagai fragrance. Orang sering memberi istilah "rahasia perusahaan". Bahan kimia yang dipakai sebagai pewangi biasanya tidak tunggal tetapi campuran dari beberapa fragrance.

Selain ditambahkan ke dalam bahan-bahan pembersih, parfum juga ditambahkan pada produk-produk lain seperti : bedak, hair spray, deodorant, krim pelembut, pembersih wajah, dan lain-lain. Kandungan fragrance untuk produk-produk ini pada rentang 0,5-5%.

Jangan lupa bahwa penggunaan parfum juga memiliki efek negatif. Dalam komposisi parfum, selain etil alkohol sebagai pelarut sering ditambahkan zat-zat seperti: aseton, benzaldehida, benzil asetat, benzil alkohol, dan etil asetat. Zat-zat ini memiliki efek negatif bagi kesehatan. Aseton dapat menyebabkan kekeringan mulut dan tenggorokan, kerusakan pita suara, mengantuk, dan depresi. Benzaldehida memiliki efek narkotik dan iritasi pada kulit, mata, mulut, dan tenggorokan. Benzil asetat bersifat karsinogenik, cairannya dapat meresap ke dalam sistem tubuh melalui kulit, dan uapnya dapat mengiritasi mata. Benzil alkohol menyebabkan iritasi saluran pernafasan bagian atas dan penurunan tekanan darah. Etil asetat bersifat narkotik, merusak hati, dan menyebabkan anemia.

4. Bahan Kimia Obat

Obat adalah suatu zat yang digunakan untuk mendiagnose, pencegahan, dan penyembuhan penyakit pada manusia atau pada hewan. Penting untuk diketahui bahwa obat memiliki sifat ganda, di satu sisi dapat bersifat sebagai obat (sifat farmakologik) dan pada sisi yang lain bersifat sebagai racun (sifat toksikologik). Obat akan bersifat sebagai obat apabila digunakan secara tepat dalam pengobatan suatu penyakit dengan dosis dan waktu yang tepat. Jika obat tidak digunakan secara tepat dengan dosis dan waktu tepat, maka obat akan bersifat racun. Kedua sifat ini ada dalam batas jarak yang pendek. Selain mengetahui penyakit yang diderita, efek yang ditimbulkan obat, dosis dan waktu pengobatan yang tepat harus diketahui pula di mana obat diaplikasikan.

Beberapa tipe obat yang penting disajikan dalam tabel 9.4:

TABEL 9.4 Beberapa Jenis Obat yang Penting

Kelas Obat	Contoh	Keterangan
Penghilang atau pengurang rasa sakit (*pain relievers*)	Aspirin (*asam asetil salisilat*)	Bereaksi sebagai analgesik (penghilang rasa sakit) dan sebagai antiseptik (pereduksi demam). Ada kelompok orang yang tidak dapat mentoleransi aspirin, sehingga sering diganti dengan *phenacetin*, atau *Acetaminophen*.
Stimulan	Kafein	Stimulan ringan, kafein ditemukan di dalam kopi, teh, coklat, beberapa kombinasi obat penghilang rasa sakit, zat – zat antikantuk.
Hormon	Progesteron	Zat ini adalah hormon kewanitaan yang dihasilkan secara alami. Zat ini kemudian dibuat sintetiknya dalam bentuk pil untuk kontrol kelahiran
Narkotik	Morfin	Obat penenang dan peringan rasa sakit. Termasuk obat adiktif (men-candu) sehingga penggunaannya sangat diawasi / dikontrol. Zat ini dapat diubah menjadi heroin dengan cara mengganti gugus-gugus fungsionalnya.
Antihistamin	Prometasin	Untuk mengurangi intensitas reaksi – reaksi alergi.
Antibiotik	Pinisilin G	Zat ini sangat efektif untuk diaplikasikan pada kasus infeksi.
	Sulfanilamid	Ada 20 macam yang diketahui sangat efektif untuk mengontrol infeksi. Obat – obat ini dikenal dengan nama obat sulfa.

5. Bahan Kimia Pembasmi Serangga

Serangga pengganggu yang sering kita jumpai di rumah tangga, di antaranya: nyamuk, kecoa, lalat, dan semut. Nyamuk adalah serangga pengganggu di rumah tangga yang paling dominan terutama di kota-kota dataran rendah. Oleh karena itu anti nyamuk (obat nyamuk) merupakan bahan yang diperlukan masyarakat sehari-hari. Anti nyamuk dikemas sesuai dengan cara-cara aplikasinya : ada yang dibakar, difumigasi secara elektrik, dioleskan pada permukaan kulit, dan disemprotkan. Khasiat dari bahan pengusir atau pembasmi serangga ditentukan oleh bahan kimia (bahan aktif) yang terkandung didalamnya. Transflutrin adalah salah satu contoh bahan aktif anti nyamuk berbentuk padatan lingkar berwarna hijau. Anti nyamuk bakar ini diambil khasiatnya melalui asapnya yang menyebar ke seluruh ruangan.

Kamu dapat mengidentifikasi bahan kimia aktif yang terkandung pada setiap anti nyamuk yang beredar di masyarakat di mana kamu tinggal. Jangan membuang begitu saja wadah atau kemasan anti nyamuk yang pernah kamu pakai. Kemasan anti nyamuk juga produk-produk lain umumnya mencantumkan bahan-bahan kimia yang dikandungnya. Kamu dapat mengidentifikasi bahan-bahan kimia penyusun setiap produk dari kemasannya.

Saat ini mulailah dengan mengenal nama-nama bahan kimia itu. Kalau saat ini belum mengetahui rumus kimianya, tidak masalah, yang penting mengetahui khasiatnya. Selain itu yang juga penting untuk diketahui adalah efek samping yang dapat ditimbulkan terutama bagi kesehatan kita maupun kelestarian lingkungan. Oleh sebab itu, perusahaan-perusahaan besar yang bijaksana selalu memberi peringatan-peringatan kepada kita terkait dengan penggunaan bahan-bahan tersebut.

Kegiatan 9.1 Identifikasi Obat Pembasmi Serangga

1. Alat dan Bahan :

- Kaleng bekas obat nyamuk semprot (berbagai merk).
- Bungkus obat nyamuk bakar (berbagai merk).
- Bungkus obat nyamuk yang diusapkan pada tubuh (berbagai merk).

3. Langkah Kerja

a. Pilih dan tulis produk untuk masing-masing jenis anti nyamuk yang kalian dapatkan!

b. Identifikasi dan tuliskan bahan kimia utama dan bahan kimia tambahan pada produk yang kalian dapatkan, masukkan dalam tabel!

No.	Nama Obat Nyamuk	Bahan Kimia Utama	Bahan Kimia Tambahan	Ket.
1. 2. 3. 4. . .				

Diskusi

a. Jelaskan keistimewaan dari merk masing – masing?
b. Bagaimana efek samping penggunaan masing – masing obat nyamuk tersebut?
c. Buatlah kesimpulan, kemudian komunikasikan kepada sesama teman di kelasmu!

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Mengapa deterjen diperlukan dalam proses mencuci baju!
2. Apakah fungsi bahan kimika surfaktan pada bahan pembersih?
3. Apakah yang dimaksud analgesik?

B. BAHAN KIMIA DALAM BAHAN MAKANAN

1. Bahan Pewarna

Jika kamu berbelanja ke toko kue kita jumpai bahwa hampir semua kue yang dijajakan menggunakan pewarna. Ada yang berwarna hijau, kuning, merah, coklat, atau warna lain. Sebenarnya apa fungsi penambahan pewarna pada makanan tersebut? Bahan-bahan apa saja yang digunakan untuk memberi warna tersebut? Apakah penggunaan pewarna tersebut tidak berbahaya?

Bila ditinjau dari asalnya, pewarna makanan digolongkan menjadi tiga, yaitu pewarna alami, identik dengan pewarna alami, dan pewarna sintetik.

a. *Pewarna Alami*

Pewarna alami merupakan pewarna yang diperoleh dari bahan-bahan alami, baik nabati, hewani ataupun mineral. Beberapa pewarna alami yang banyak dikenal masyarakat misalnya, daun suji untuk membuat warna hijau, kunyit untuk warna kuning, daun jati atau cabai untuk warna merah dan gula merah untuk warna coklat. Zat pewarna alami ini lebih aman digunakan bila dibandingkan dengan pewarna sintetik. Penggunaan pewarna alami relatif terbatas, karena adanya beberapa kekurangan sebagai berikut.

- Terkesan memberikan rasa khas yang tidak diinginkan, misalnya kunyit;
- Konsentrasi pigmen rendah, sehingga memerlukan bahan baku relatif banyak.
- Stabilitas pigmen rendah (umumnya hanya stabil pada tingkat keasaman/pH tertentu).
- Keseragaman warna kurang baik.

Pewarna oranye, merah, dan biru secara alami terdapat pada buah anggur, stroberi, rosberi, apel, dan bunga. Untuk memberikan warna kuning, merah, dan oranye dapat digunakan pewarna yang berasal dari tumbuhan dan hewan, seperti wortel, tomat, cabai, minyak sawit, jagung, daun-daunan, dan ikan salmon.

Bahan makanan yang sering menggunakan warna ini di antaranya margarin, keju, sup, puding, es krim, dan mie.

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan

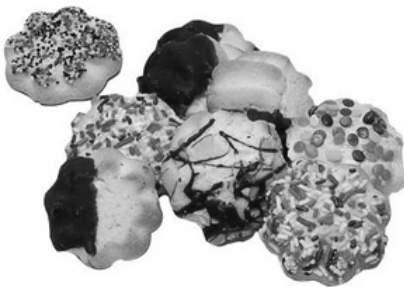
Gambar 9.2
Contoh kemasan pewarna sintetik

Klorofil memberikan warna hijau yang peka terhadap cahaya dan asam. Klorofil diperoleh dari daun-daunan yang digunakan oleh masyarakat luas sejak dahulu. Kurkumin merupakan zat warna alami yang terdapat dalam tanaman kunyit (*Zingiberaceae*). Zat warna ini dapat digunakan pada makanan atau minuman yang tidak beralkohol, misalnya nasi kuning, tahu, temulawak, dan sari buah.

b. *Pewarna Identik Alami*

Pewarna identik alami adalah pigmen yang dibuat secara sintetik struktur kimianya mirip dengan pewarna alami. Contohnya, santoxantin (merah), apokaroten (merah-oranye), dan betakaroten (oranye sampai kuning). Penggunaan pewarna identik alami hanya boleh dalam konsentrasi tertentu, kecuali beta karoten yang boleh digunakan dalam jumlah tidak terbatas.

c. *Pewarna Sintetik*

Di negara-negara maju, penggunaan pewarna sintetik untuk makanan harus melalui pengujian yang ketat, demi keselamatan konsumen. Pewarna yang telah melewati pengujian-pengujian tersebut dan yang diijinkan pemakaiannya untuk makanan dinamakan *permited colour* atau *certified colour*.

Gambar 9.3 *Sumber: Clip Art*
Contoh makanan yang menggunakan pewarna

Penggunaan pewarna sintetik sudah begitu luas di masyarakat. Hingga sekarang, diperkirakan hampir 90% pewarna yang beredar dan sering digunakan adalah pewarna sintetik. Contoh kemasan pewarna sintetik dan produk makanan yang menggunakan pewarna disajikan pada gambar 9.2.dan 9.3.

Beberapa kelebihan pewarna sintetik antara lain, warnanya seragam, tajam, mengembalikan warna asli yang mungkin hilang selama proses pengolahan, melindungi zat-zat vitamin yang peka terhadap cahaya selama penyimpanan, dan hanya diperlukan dalam

jumlah sedikit. Seiring dengan meluasnya pemakaian pewarna sintetik, sering terjadi penyalahgunaan pewarna pada makanan. Sebagai contoh digunakannya pewarna tekstil untuk makanan sehingga membahayakan konsumen. Zat pewarna tekstil dan pewarna cat biasanya mengandung logam berat, seperti : arsen, timbal, dan raksa sehingga bersifat racun.

2. Bahan Pemanis

Bahan pemanis adalah bahan kimia yang ditambahkan pada makanan atau minuman yang berfungsi untuk memberikan rasa manis. Dulu orang mengenal sumber rasa manis alami berasal dari alam yaitu gula yang dibuat dari tebu atau bit, aren, kelapa dan pemanis lain seperti madu dan buah-buahan. Selain memberikan rasa manis ternyata gula adalah penyumbang kalori yang baik karena mengandung gizi untuk tubuh manusia.

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan

Gambar 9.4
Pemanis buatan atau sintetis biasanya ditambahkan pada minuman kaleng atau kemasan

Ternyata gula menyebabkan berbagai masalah baru bagi orang-orang tertentu, terutama mereka yang kelebihan kalori, kegemukan, menyebabkan kerusakan pada gigi, dan sangat berbahaya bagi penderita diabetes. Keadaan ini memacu para ahli untuk menemukan pengganti rasa manis setara dengan gula, tidak berkalori, dan tidak ada nilai gizinya sehingga aman dikonsumsi bagi mereka yang perlu diet. Maka dikenalkanlah beberapa jenis gula buatan atau gula sintetik yang mempunyai sifat manis seperti gula bahkan lebih. Beberapa contoh pemanis buatan atau sintetik yaitu sakarin, siklamat, aspartam, asesulfam dan sorbitol. Tingkat kemanisan relatif dari berbagai bahan pemanis diberikan pada Tabel 9.5 berikut.

Tabel 9.5. Tingkat Kemanisan Relatif Dari Berbagai Bahan Pemanis

Nama Bahan Pemanis	Kemanisan * Relatif
Sukrosa (Gula Tebu)	100
Laktosa (Gula Susu)	16
Glukosa (Gula Darah)	74
Fruktosa (Gula Tebu)	173
Sakarin	50.000
Aspartam	16.000
Asesulfame K	20.000

* Kemanisan relatif terhadap sukrosa dengan nilai 100

Suatu produk makanan atau minuman yang menggunakan pemanis buatan seharusnya mencantumkan jenis dan jumlah pemanis yang digunakan. Penggunaan bahan pemanis atau batasan pemakaian bahan pemanis dalam makanan harus mengacu pada WHO yang dikenal dengan ADI (Aceptable Daily Intake) dan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/per/IX/1988 tentang batasan maksimum penggunaan bahan kimia dalam makanan seperti tertera pada tabel 9.6 berikut.

Tabel 9.6
Batasan Penggunaan Bahan Pemanis Pada Makanan dan Minuman

Nama Bahan Pemanis	Batasan Permenkes Per Kg Makanan	Batasan ADI Per Kg Bobot Badan
Sakarin	50 mg – 300 mg	0 – 5 mg
Siklamat	500 mg – 3000 mg	0 – 50 mg
Sorbitol	5 g – 300 g	–
Aspartam	–	0 – 40 mg
Asesulpame K	–	0 – 9 mg

3. Bahan Pengawet

Pada tahun 90-an terjadi kasus biskuit beracun. Banyak orang keracunan setelah mengkonsumsi biskuit. Sedikitnya 6 orang meninggal dunia dan puluhan orang dirawat di Rumah Sakit. Bagaimana kasus tersebut bisa terjadi? Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa dalam biskuit beracun tersebut terkandung bahan natrium nitrit dalam jumlah berlebihan. Mengapa dalam biskuit terdapat natrium nitrit?

Gambar 9.5 *Sumber: Doc Mefi*
Gula dan cuka dapat digunakan sebagai bahan pengawet pada makanan (pengawet tradisional)

Bahan pengawet adalah bahan kimia yang dapat mencegah atau menghambat proses fermentasi (pembusukan), pengasaman, atau penguraian lain terhadap makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme sehingga makanan tidak mudah rusak atau menjadi busuk.

Bahan pengawet tradisional telah dikembangkan sejak ratusan tahun lalu, seperti garam dapur, gula, cuka, dan lada. Ikan laut bisa diawetkan dengan cara pengasinan. Buah-buahan diawetkan dengan cara dijadikan manisan. Makanan lauk-pauk bisa diawetkan dengan cara dibumbui lada dan cuka.

Garam dapur biasanya digunakan untuk mengawetkan daging dan ikan agar tidak mudah busuk. Garam dapur berfungsi untuk menghambat pembiakan bakteri seperti mikroorganisme *Clostridium botulinum*. Jika bakteri ini berkembang biak pada makanan akan menghasilkan racun yang dapat meracuni daging. Gula merah atau gula pasir bisa digunakan untuk mengawetkan buah-buahan. Bahan yang akan diawetkan direndam dalam larutan gula, keadaan ini menyebabkan mikroorganisme sukar hidup.

Bahan pengawet buatan yang paling sering dipakai adalah asam benzoat. Asam benzoat berfungsi untuk mengendalikan pertumbuhan jamur dan bakteri. Penggunaan asam benzoat dengan kadar lebih dari 250 ppm dapat memberikan efek samping berupa alergi. Adapun pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan iritasi pada lambung dan saluran pencernaan. Bahan lainnya adalah natrium benzoat, natrium nitrat, dan asam sitrat. Bahan pengawet untuk buah-buahan dalam kaleng, biasanya digunakan gula atau garam yang dibuat dalam bentuk manisan maupun asinan. Asam propionat dapat digunakan untuk mencegah tumbuhnya kapang pada roti dan kue kering. Asam sorbat digunakan untuk mencegah tumbuhnya kapang pada keju.

Dalam kasus biskuit beracun yang disajikan pada awal sub bab ini, diduga terjadi akibat penggunaan garam nitrit sebagai zat pengawet dalam jumlah berlebihan. Penggunaan nitrit lebih dari 200 ppm dapat menyebabkan keracunan.

Bahan pengawet dapat bersifat karsinogen, untuk itu batasan penggunaan bahan pengawet sebaiknya sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 722/Menkes/per/IX/88 terdapat pada tabel 9.7 berikut.

Tabel 9.7 Batasan Penggunaan Bahan Pengawet

Nama Bahan Pengawet	Batasan Permenkes Per Kg Makanan
Asam Benzoat	600 mg – 1000 mg
Asam Sorbat	500 mg – 3000 mg
Asam Propionat	2 g – 3 g
Natrium Nitrit	50 mg – 125 mg
Natrium Nitrat	50 mg 500 mg

Akhir-akhir ini banyak pengawet, misalnya, boraks dan formalin. Boraks sering digunakan pada pengolahan bakso dan mi basah. Boraks yang dikonsumsi terus-menerus dapat berakibat keracunan dengan gejala muntah-muntah, diare, dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Di samping bersifat sebagai zat pengawet, boraks juga berfungsi sebagai pengenyal. Formalin dengan kadar sekitar 40%, biasanya digunakan pada proses pengawetan spesimen biologi atau proses pengawetan mayat.

4. Bahan Penyedap dan Pemberi Aroma

Hasil penyelidikan **Dr. Ho Man Kwok** pada tahun 1969 mengungkapkan kasus yang dikenal dengan nama *Chinese Restaurant Syndrome* (CRS). Dalam kasus tersebut dinyatakan bahwa seseorang yang baru saja mengkonsumsi makanan di restoran Cina mengalami gejala-gejala sebagai berikut : merasa kesemutan pada punggung dan leher, rahang bawah, leher bawah terasa panas, wajah berkeringat, sesak dada bagian bawah, dan pusing kepala. Dari hasil penyelidikan pada waktu itu diketahui bahwa penyebab utama timbulnya gejala-gejala tersebut adalah penyedap rasa MSG (*Monosodium Glutamat*) yang terdapat dalam sup. Kadar MSG dalam sup memang relatif sangat tinggi, ditambah lagi kenyataan bahwa sup dihidangkan paling awal pada saat perut masih kosong/lapar sehingga MSG dapat dengan cepat terserap dalam darah dan menyebabkan timbulnya gejala-gejala CRS tersebut.

Gambar 9.6 *Sumber: Doc Mefi*
Sere, salam, bawang, merupakan bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan penyedap alami

Bahan penyedap rasa atau penegas rasa adalah zat yang dapat meningkatkan cita rasa makanan. Penyedap berfungsi menambah rasa nikmat dan menekan rasa yang tidak diinginkan dari suatu bahan makanan.

Bahan-bahan yang termasuk dalam golongan ini ada yang diperoleh dari alam berupa rempah-rempah misalnya : bawang putih, bawang bombay, pala, merica, serei, pandan, daun salam, dan daun pandan, serta ada pula yang sintetik.

Penyedap sintetik pada dasarnya merupakan tiruan dari yang terdapat di alam. Kebutuhan penyedap alami jauh melebihi dari yang tersedia maka sejauh mungkin dibuatlah tiruannya. Penyedap sintetik yang sangat populer di masyarakat adalah vetsin atau MSG (Monosodium Glutamat). Di pasaran, senyawa tersebut dikenal dengan beragam merek dagang, misalnya Ajinomoto, Miwon, Sasa, Royco, dan Maggi. MSG merupakan garam natrium dari asam glutamat yang secara alami terdapat dalam protein nabati maupun hewani. Daging, susu, ikan, dan kacang-kacangan mengandung sekitar 20% asam glutamat. Oleh karena itu, tidak mengherankan bila kita mengkonsumsi makanan yang mengandung asam glutamat akan terasa lezat dan gurih meski tanpa bumbu-bumbu lain. Keunikan dari MSG adalah bahwa meskipun tidak mempunyai cita rasa, tetapi dapat membangkitkan cita rasa komponen-komponen lain yang terkandung dalam bahan makanan. Sifat yang semacam itu disebut dengan *taste enhancer* (penegas rasa).

Pemberi aroma adalah zat yang dapat memberikan aroma tertentu pada makanan atau minuman, sehingga dapat membangkitkan selera konsumen. Penambahan zat pemberi aroma menyebabkan makanan memiliki daya tarik untuk dinikmati. Zat pemberi aroma yang berasal dari bahan segar atau ekstrak dari bahan alami, misalnya minyak atsiri, dan vanili. Pemberi aroma yang merupakan senyawa sintetik, misalnya amil asetat, mempunyai cita rasa seperti pisang ambon, amil kaproat (aroma apel), etil butirat (aroma nanas), vanilin (aroma vanili), dan metil antranilat (aroma buah anggur). Jeli merupakan salah satu contoh makanan yang menggunakan zat pemberi aroma.

Kegiatan 9.2 Idetifikasi bahan Pewarna pada Tahu Kuning

1. **Tujuan:**

   Untuk mengetahui bahan pewarna alami atau sintetis yang digunakan pada tahu kuning

2. **Alat dan Bahan:**
   - Gelas kimia
   - Spatula
   - Kaca arloji
   - Tahu kuning dari berbagai merek (A, B, C)
   - Batu kapur

3. **Langkah Kerja:**
   a. Siapkan alat yang sudah dibersihkan dan bahan yang diperlukan!
   b. Masukkan batu kapur ± 1 sendok teh ke dalam gelas kimia, tuangkan sedikit air dan larutkan, jadilah air kapur.
   c. Celupkan tahu kuning pertama (merek A) ke dalam air kapur!
   d. Amati perubahan warna setelah dicelupkan ke dalam air kapur!
   e. Ulangilah langkah 1-3 untuk tahu kuning B dan C, catat hasil pengamatan kalian!

Diskusi

Berdasarkan pengamatan di atas:

a. Adakah tahu kuning dengan merek berbeda (A, B, C) yang tidak mengalami perubahan warna? Sebutkan!
b. Sebutkan, apakah ada tahu kuning dengan merek yang berbeda (A, B, C) yang mengalami perubahan warna? Sebutkan!
c. Kesimpulan apakah yang dapat kamu ambil dari kegiatan di atas?
d. Buatlah laporan tertulis kepada gurumu!

   "Jika pewarna tahu kuning berasal dari kunyit, maka setelah dicelup ke dalam air kapur akan berwarna kuning kemerah-merahan dan sebaliknya jika tahu kuning berasal dari pewarna sintetik, maka setelah dicelupkan air kapur tidak berubah warnanya"

Kegiatan 9.3 Identifikasi Boraks pada Bakso

1. **Alat dan Bahan:**
   - Ekstrak kunyit (sebagai indikator)
   - Bakso (3 macam dari tiga penjual)
   - Mortir (penumbuk)
2. **Langkah kerja:**
   a. Siapkan alat yang sudah dibersihkan dan bahan yang diperlukan.
   b. Ambil $\frac{1}{4}$ bakso A, kemudian haluskan menggunakan mortir (penumbuk)! Setelah halus tambahkan sedikit air!
   c. Ambil bakso yang telah dihaluskan tadi dan tambahkan 3 tetes indikator atau ekstrak kunyit! Amati dan catat hasil pengamatan!
   d. Lakukan cara yang sama 1 sampai 3 dengan menggunakan merek bakso yang berbeda!

Diskusi

a. Adakah bakso yang diuji dengan ekstrak kunyit, tidak menghasilkan perubahan warna? sebutkan!
b. Adakah bakso yang diuji dengan ekstrak kunyit yang menghasilkan perubahan warna? sebutkan!
c. Buatkan kesimpulan dari hasil pengamatanmu!

"Bila bakso mengandung boraks, maka setelah bakso ditetesi indikator kunyit akan berwarna merah, sebaliknya jika bakso tidak mengandung boraks maka setelah ditetesi indikator kunyit tetap berwarna kuning"

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Jelaskan dengan singkat kelebihan dan kelemahan dalam penggunaan bahan pewarna pada makanan!
2. Sebutkan macam-macam zat pewarna berdsarkan asalnya!

C. ZAT ADIKTIF DAN PSIKOTROPIKA

1. Penggunaan Zat Adiktif dan Psikotropika

HASIL PENYELIDIKAN

Sejak 10 tahun terakhir, sedang marak penggunaan narkoba di kalangan masyarakat. Pengguna narkoba sudah merambah pada seluruh lapisan masyarakat mulai pejabat hingga rakyat biasa. Penyalahgunaan narkoba tidak hanya dilakukan di kota-kota besar tetapi sudah merambah ke kota-kota kecil dan bahkan pedesaan. Hasil survei tes urin terhadap 1092 siswa SMU dari 64 sekolah menunjukkan bahwa 35% (290 siswa) menjadi pecandu narkoba. Penelitian lain menunjukkan peningkatan yang tajam pengguna narkoba di kalangan mahasiswa yaitu dari 366 pada tahun 1996 menjadi 1.677 pada tahun 1999. Sebenarnya apakah narkoba itu? Bagaimana narkoba disalahgunakan? Bagaimana menanggulanginya?

Sumber: Doc Mefi

Gambar 9.7 Daun ganja

Gambar 9.8 *Sumber: Solo Pos/Ipha/Wirasatria*
Barang bukti ratusan ribu tablet ekstasi

Masalah penyalahgunaan narkotika, psikotropika, dan zat adiktif lainnya (NAPZA) atau narkoba merupakan salah satu masalah kesehatan terpenting bagi kelompok generasi muda dengan jumlah korban yang semakin bertambah. Meskipun Napza tertentu sangat bermanfaat bagi pengobatan dalam ilmu kedokteran namun bila disalahgunakan akan merugikan si pemakai maupun masyarakat umum.

Selain itu, tanpa disadari saat ini penggunaan rokok dan alkohol semakin bertambah. Untuk itu kita harus mengkaji ulang, apalagi pelajarpun sekarang sudah banyak yang mengkonsumsi rokok dan alkohol, sekalipun sudah mengetahui bahayanya bagi kesehatan. Zat adiktif dan psikotropika yang dalam istilah sehari-hari dikenal dengan nama Narkoba (narkotika dan obat berbahaya) atau NAPZA (narkotika, psikotropika, dan zat adiktif) adalah zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman, baik sintetik maupun semi sintetik, yang apabila dimakan, diminum, dihisap/dihirup, atau dimasukkan (disuntikkan) ke dalam tubuh manusia dapat menurunkan kesadaran atau perubahan kesadaran, hilangnya rasa nyeri, dan dapat menimbulkan ketergantungan dalam berbagai golongan dan tingkatan.

Psikotropika adalah obat keras tertentu bukan narkotika yang diperlukan dalam pengobatan, namun dapat pula menimbulkan ketergantungan psikis dan fisik yang sangat merugikan bila digunakan tanpa pengawasan yang seksama. Adanya pengawasan yang ketat terhadap peredaran narkotika, psikotropika dijadikan sebagai pengganti. Psikotropika mempunyai efek dan bahaya yang sama dengan narkotika.

Zat psikotropika yang sering disalahgunakan di antaranya adalah: semua minuman yang mengandung alkohol, heroin, morfin, candu atau opium, ganja, mariyuana, obat penenang/obat tidur, daun koka, serbuk kokain, kafein, ectasy, shabu-shabu, tembakau (mengandung nikotin), aseton, glue atau lem.

2. Dampak Negatif Zat Adiktif dan Psikotropika

Penyalahgunaan narkoba dapat menyebabkan masalah yang berhubungan dengan kesehatan (jasmani dan rohani), perilaku, keluarga, pekerjaan, uang, dan hukum. Pecandu narkoba lebih sering sakit daripada orang lain, karena umumnya kurang gizi. Penyakit yang umum dialami adalah radang terutama pada kulit, alat pernapasan, atau saluran kemih.

Penyalahgunaan narkoba juga sering kali menyebabkan masalah kejiwaan, misalnya daya ingat lemah, kepribadian terganggu, sukar bergaul, mudah marah, gelisah, dan menjauh dari lingkungan sosial. Permasalahan kesehatan dan kejiwaan tersebut juga akan mempengaruhi keluarga, misalnya sering bertengkar, ekonomi terganggu, semangat kerja menurun, dan sebagainya. Masalah-masalah lain juga dialami masyarakat luas termasuk negara, misalnya adanya berbagai tindak kriminal yang meresahkan masyarakat.

Ditinjau dari jenis narkoba yang digunakan serta pengaruhnya terhadap kesehatan dan kejiwaan, narkoba digolongkan menjadi sebagai berikut.

a. Golongan Opium, pada pemakaian yang terlalu banyak menyebabkan pingsan, atau bahkan mati. Jika pecandu menghentikan pemakaian opium akan menderita penyakit penghentian, dengan tanda-tanda seperti kejang, muntah, diare, berkeringat, dan sukar tidur.
b. Obat Penenang (termasuk alkohol), menyebabkan kerusakan hati dan lambung, otot dan saraf, daya ingat hilang, gemetar, ketakutan yang berlebihan, dan terkadang kejang.
c. Obat Perangsang, mengakibatkan gangguan jiwa seperti perasaan tertekan, ketakutan yang berlebihan, dan rasa curiga.
d. Kanabis dan Obat halusinogen, menunjukkan gangguan jiwa seperti acuh tak acuh, kebingungan, dan tertekan.

e. Tembakau (mengandung nikotin), menyebabkan gangguan kerongkongan dan paru-paru (kanker), jantung (tekanan darah tinggi), gangguan pada janin, dan kemandulan

3. Ciri-ciri Pecandu NAPZA

NAPZA tergolong zat psikoaktif yaitu zat yang terutama berpengaruh pada otak sehingga menimbulkan perubahan perilaku, perasaan, pikiran, persepsi, dan kesadaran. Kelompok zat ini juga dapat menimbulkan ketagihan atau kecanduan (adiksi) dan ketergantungan bagi pemakainya. Yang dimaksud ketagihan (adiksi) adalah gejala untuk meminta terus-menerus untuk memakai atau menggunakan karena merasa sangat membutuhkan. Seseorang yang ketagihan ditunjukkan adanya gejala fisik dan mental, di mana tubuh akan mengadakan reaksi yang menyakitkan di antaranya sembelit, muntah-muntah, kejang-kejang, dan badan menggigil pada saat tidak memakai atau menghentikan penggunaan zat psikoaktif. Pada keadaan yang parah ada yang menjerit-jerit histeris, menggigit jari, dan berperilaku seperti orang gila. Keadaan ini dikenal dengan istilah sakaw. Pengguna napza akan merasa kesulitan mengendalikan perilaku serta ingin mengkonsumsi dosis yang lebih besar, sampai dosis keracunan, dan bahkan sampai over dosis (melebihi takaran dosis) yang dapat menyebabkan kematian. Bagi masyarakat awam, tidak mudah mengenali pecandu narkoba, karena umumnya mereka menyembunyikannya. Ciri-ciri umum pecandu narkoba adalah sebagai berikut.

Kesehatan dan Emosi

1) sering menguap padahal tidak mengantuk,
2) batuk dan pilek berkepanjangan,
3) sering pusing, otot kaku, suhu tubuh tidak normal (demam),
4) diare, perut melilit,
5) mata sering berair dan merah,
6) sesak napas,
7) takut air,
8) mudah tersinggung ,
9) mulut berbau,
10) agresif, yang ditandai dengan sering berkelahi, mabuk,
11) senang mendengarkan musik keras-keras, serta
12) emosi tidak stabil.

Perubahan Sikap Pribadi

1) sering menyendiri, menghindar dari pergaulan,
2) menunjukkan sikap acuh,
3) suka ingkar janji,
4) malas mengurus diri,
5) banyak menghabiskan waktu di kamar mandi,
6) jika ditanya sikapnya defensif dan penuh kebencian,
7) mudah bertindak dan bersikap kasar kepada orang lain,
8) sering berbohong, serta
9) terlibat tindak kejahatan (mencuri, mencopet, dan lain-lain).

4. Cara Pencegahan dan Penyembuhan

Masalah penyalahgunaan narkoba merupakan permasalahan yang kompleks, yang tidak mudah penangananannya. Banyak korban penyalahgunaan narkoba disebabkan oleh keluarga yang kurang harmonis, oleh karena itu pengobatan dan rehabilitasi korban narkoba harus ditekankan pada pembinaan keluarganya. Banyak dijumpai kasus apabila terdapat anggota keluarga menjadi korban narkoba, justru dikucilkan dari keluarga. Hal ini tidak akan dapat menyembuhkan, tetapi sebaliknya. Dalam hal semacam ini hendaknya keluarga menarik simpatinya dan memberikan pengertian bahwa penggunaan narkoba akan berakibat buruk pada pemakainya. Bila akan dilakukan penyembuhan ke rumah sakit atau pusat rehabilitasi, anggota keluarganya harus memberikan pengertian kepada korban, sehingga korban secara sadar memerlukan pengobatan dan rehabilitasi. Hal ini penting agar setelah sembuh korban tidak terjerumus lagi pada penyalahgunaan narkoba.

Apabila korban adalah siswa sekolah, maka pihak sekolah (kepala sekolah dan guru) harus bertindak bijaksana. Pihak sekolah hendaknya tidak serta merta mengeluarkan siswanya yang terlibat narkoba. Hendaknya diteliti dahulu penyebabnya, kenapa siswa terlibat narkoba dan segera memberikan informasi serta berkonsultasi dengan pihak keluarga, sehingga ditemukan jalan pemecahan yang bijaksana. Korban narkoba harus diperlakukan sebagai orang sakit yang harus mendapatkan pertolongan dan bukan penjahat yang harus mendapat hukuman berat.

Dalam inpres No. 6 tahun 1971 pemerintah telah membentuk badan koordinasi pelaksana (Bakolak) dalam rangka menanggulangi masalah penyalahgunaan narkotika, yang mempunyai tiga pokok pengumpulan dan pengolahan data, penerangan dan penyuluhan, operasional, resosialisasi korban narkoba, dan pembinaan khusus korban narkoba. Unsur-unsur pemerintah yang tergabung dalam badan ini adalah Polri, Departemen Kesehatan, Departemen Sosial, Depdikbud, Departemen Kehakiman, Kejaksaan Agung, dan Departemen Keuangan.

Tindakan preventif yang lain dapat dilakukan di antaranya:

a. Banyak memberikan penyuluhan kepada generasi muda khususnya akan bahaya zat-zat psikotropika tersebut.
b. Banyak melibatkan generasi muda dalam kegiatan karang taruna, pramuka, dan kegiatan lain yang bermanfaat.
c. Pengawasan orang tua di rumah dan pengawasan guru di sekolah perlu ditingkatkan.
d. Meningkatkan hubungan keharmonisan rumah tangga.
e. Memperbanyak kegiatan yang bermanfaat dan positif.
g. Meningkatkan iman dan takwa kepada Tuhan Yang Maha Esa.

6. Penggunaan Zat Adiktif dan Psikotropika dalam Bidang Kesehatan

Penggunaan obat-obatan yang tergolong NAPZA dalam bidang kesehatan antara lain sebagai berikut.

a. Morfin, terutama digunakan untuk menghilangkan rasa nyeri yang hebat yang tidak dapat diobati dengan analgetik non narkotik.

   Apabila rasa nyeri makin hebat maka dosis yang digunakan juga makin tinggi. Semua analgetik narkotika dapat menimbulkan adiksi (ketagihan), juga digunakan untuk mengurangi rasa tegang pada penderita yang akan dioperasi.

b. Heroin, merupakan turunan morfin yang berfungsi sebagai depresant, misalnya meredakan batuk.
c. Barbiturat, (pentobarbital dan secobarbital) sering digunakan untuk menghilangkan rasa cemas sebelum dioperasi.
d. Amfetamin (dan turunannya), digunakan untuk mengurangi depresi, menambah kewaspadaan, menghilangkan rasa kantuk dan lelah, menambah keyakinan diri dan konsentrasi serta euforia.
e. Meperidin (sering juga disebut, demerol atau dolantin) digunakan sebagai analgesia. Obat ini tidak efektif, efeknya lebih pendek daripada morfin.
f. Metadon, digunakan sebagai analgesia bagi penderita rasa nyeri dan digunakan pula untuk terapi pecandu narkotika.

Kegiatan 9.4 Mengetahui manfaat dan efek samping penggunaan zat adiktif (dalam bidang kedokteran)

Langkah kerja:

- Carilah informasi mengenai zat adiktif dan psikotropika (bisa dari buku, artikel, majalah, koran atau informasi, dan dari ahli kesehatan).
- Catatlah manfaat (dalam kedokteran), efek samping serta cara pencegahan penggunaan zat adiktif dan psikotropika dalam tabel berikut.

Tabel Pengumpulan data

No.	Zat Adiktif	Manfaat	Efek Samping	Keterangan
1.	Depresan (obat tidur)	Penenang, penghilang rasa sakit	Ketergantungan/ ketagihan	Ditandai rasa mual, muntah, nyeri lambung dan demam.
2.	....	....	....	....
3.	....	....	....	....
4.	....	....	....	....
5.	....	....	....	....

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

Apakah yang dimaksud narkoba dan NAPZA? Sebutkan jenis-jenisnya!

1. Bahan kimia yang banyak kalian jumpai dalam kehidupan sehari-hari dapat diperoleh dengan 2 cara yaitu secara langsung dialam dan melalui tahapan sintetis (bahan-bahan sintetis).
2. Bahan kimia yang dipakai sehari-hari selain memberikan manfaat penting juga dapat menimbulkan efek samping yang membahayakan kesehatan. Dengan demikian penggunaannya harus berhati-hati.
3. Obat adalah suatu zat yang digunakan untuk pencegahan penyakit dan penyembuhan penyakit pada manusia dan hewan.
4. Psikotropika adalah obat keras tertentu bukan narkotika yang diperlukan dalam pengobatan, namun dapat pula menimbulkan ketergantungan psikis dan fisik yang sangat merugikan bila digunakan tanpa pengawasan yang seksama.
5. Zat psikotropika yang sering disalahgunakan di antaranya adalah: semua minuman yang mengandung alkohol, heroin, morfin, candu atau opium, ganja, mariyuana, obat penenang/obat tidur, daun koka, serbuk kokain, kafein, ectasy, shabu-shabu, tembakau (mengandung nikotin), aseton, glue atau lem.

UJI KOMPETENSI

I. Berilah tanda silang pada huruf jawaban yang benar !

1. Bahan kimia utama pada bahan pembersih disebut dengan ....
   a. fragrance
   b. pigmen
   c. surfaktan
   d. desinfektan
2. Bahan kimia tambahan yang sengaja ditambahkan pada produk pembersih agar terhindar dari serangan jamur adalah ....
   a. LAS
   b. EDTA
   c. Zeolit
   d. Natrium karbonat
3. Air sadah adalah air yang mengandung....
   a. ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+}.
   b. garam dapur
   c. garam Na
   d. minyak
4. Bahan kimia utama parfum adalah ....
   a. fragrance
   b. pigmen
   c. surfaktan
   d. desinfektan
5. Salah satu contoh bahan aktif pada anti nyamuk adalah ....
   a. transfusi c. disinfektan
   b. fragrance d. transfultrin
6. Pengaruh negatif dari pemakaian anti nyamuk bakar adalah gangguan pada ....
   a. kulit
   b. penglihatan
   c. pernafasan
   d. pencernaan
7. Bahan pengawet yang berbahaya bila dikonsunsi adalah ....
   a. garam dapur
   b. cuka
   c. formalin
   d. asam benzoat
8. Kunyit, wortel atau kulit pisang sering dipakai sebagai bahan pewarna alami karena mengandung ....
   a. vitamin C c. lesitin
   b. asam sitrat d. karotenoid
9. Penyalahgunaan zat psikotropika akan mengakibatkan ....
   a. dehidrasi dan anemia
   b. malnutrisi dan avitaminosit
   c. perubahan mental dan perilaku
   d. perubahan genetik
10. Alkohol termasuk golongan ....
    a. stimulan
    b. halusinogen
    d. euforia
    c. depresan
11. Perubahan perilaku yang ditunjukkan pemakai obat jenis halusinogen ialah ....
    a. aktifitas menurun
    b. bekerja lebih giat
    c. melayang-layang
    d. perubahan pemahaman terhadap lingkungan
12. Orang yang bukan perokok dapat terkena kanker paru-paru karena ....
    a. penyakit keturunan dari orang tuanya
    b. menghisap asap tembakau dari perokok dan polusi udara
    c. memakai obat secara berlebihan
    d. kelainan hormon

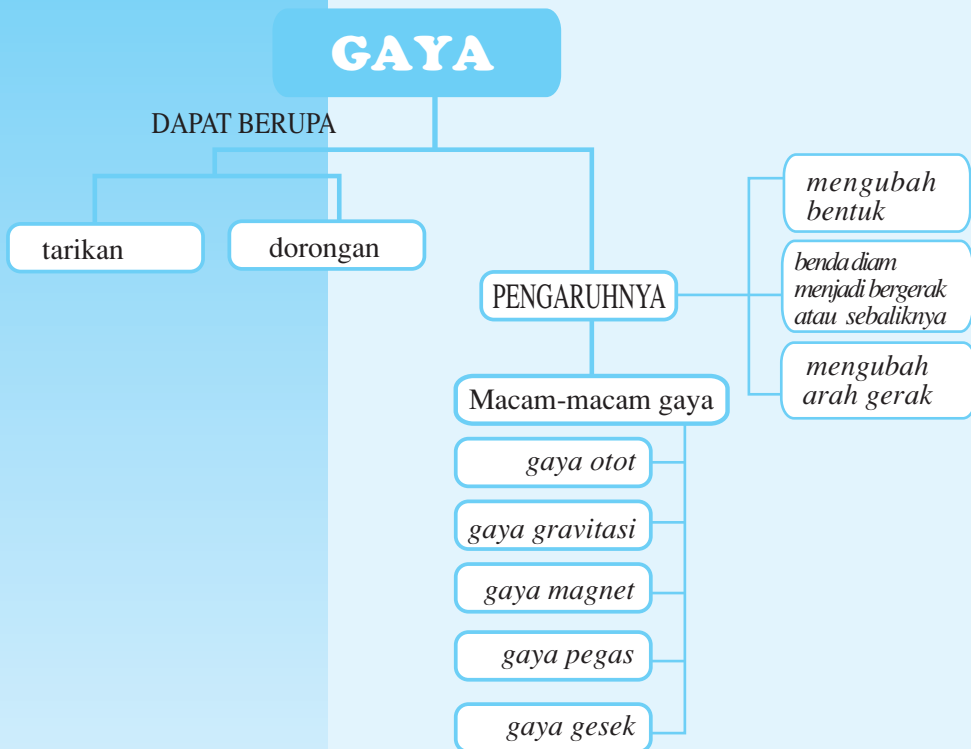
13. Bahan kimia berbahaya yang dilarang penggunaannya dalam produk kosmetika ialah ....
    a. minyak atsiri
    b. merkuri
    c. melatonin
    d. vitamin B
14. Lemak dan minyak alami tumbuhan atau hewan yang dipanaskan dengan alkali kuat dapat menghasilkan . . . . .
    a. pasta gigi
    b. sabun
    c. margarin
    d. mentega
15. Obat di bawah ini yang dapat bereaksi sebagai analgesik atau penghilang rasa sakit dan sebagai pereduksi demam adalah ....
    a. kafein
    b. morfin
    c. progesteron
    d. aspirin

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan benar!

1. Jelaskan dan beri contoh kegunaan zat adiktif pada makanan?
2. Apakah yang dimaksud dengan ketagihan/adiksi (*addiction*) dan ketergantungan?
3. Apa sebenarnya kaporit itu? Dan apa kegunaan kaporit?
4. Ditentukan oleh bahan apakah khasiat dari bahan pengusir dan pembasmi serangga?
5. Zat kimia apakah yang dapat digunakan untuk mengobati dan mencegah penyakit menular?

BAB 10

GAYA

Standar Kompetensi:
Memahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari.
Kompetensi Dasar:
Mengidentifikasi jenis-jenis gaya, penjumlahan gaya dan pengaruhnya dalam suatu benda yang dikenai gaya.
GAYA
DAPAT BERUPA
tarikan
dorongan
PENGARUHNYA
mengubah bentuk
benda diam menjadi bergerak atau sebaliknya
mengubah arah gerak
Macam-macam gaya
gaya otot
gaya gravitasi
gaya magnet
gaya pegas
gaya gesek

Dalam kehidupan sehari-hari sering terdapat peristiwa-peristiwa yang berkaitan dengan gaya.

- Sepeda yang kita kayuh dapat berjalan, karena selama itu kita memberi gaya pada sepeda.
- Mobil yang sedang bergerak jika direm dapat berhenti, karena pada mobil bekerja gaya yang arahnya berlawanan dengan arah gerak mobil
- Plastisin yang kita genggam dapat berubah bentuk karena kita memberi gaya pada plastisin.

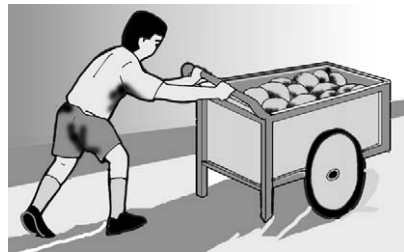
Apakah gaya itu ?

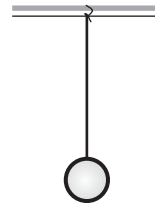
Bagaimana pengaruh gaya terhadap benda ?

A. GAYA

Untuk memahami konsep gaya dan pengaruh gaya pada sebuah benda, maka kita perlu memahami macam-macam gaya dan pengaruh gaya pada benda.

1. Macam-macam gaya

Gambar 10.1
Balok yang didorong tangan dari posisi A hingga bergerak, kemudian berhenti di posisi B

Gambar 10.2
Anak mendorong gerobak dengan tangannya, sehingga gerobak berjalan

Gambar 10.3
Lembing yang dilempar dengan tangan

Gambar 10.4
Benda yang digantungkan dengan tali, maka timbul gaya tarik-menarik antara benda dengan bumi

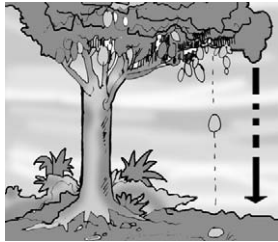
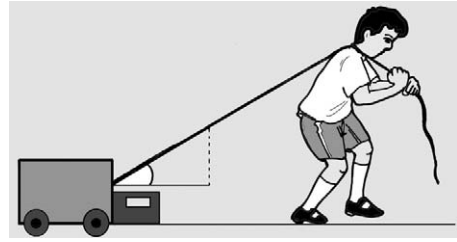
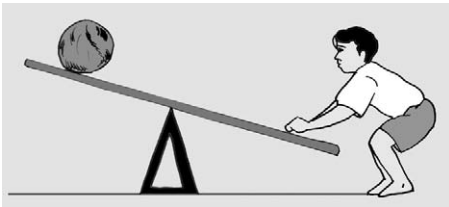
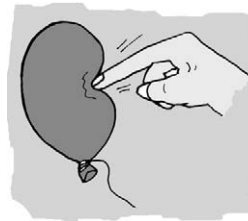
Gambar 10.5
Dua kutub magnet yang tidak sejenis, didekatkan akan timbul gaya tarik menarik

Diskusi

1. Dari gambar 10.1 sampai gambar 10.5 di atas maka gaya yang bekerja pada benda akibat sentuhan langsung dengan benda adalah gambar nomor ....

   Dan gaya semacam ini disebut dengan gaya sentuh.
2. Dari gambar 10.1 sampai gambar 10.5 di atas maka gaya yang bekerja pada masing-masing benda tanpa bersentuhan langsung adalah gambar nomor ....

   Dan gaya semacam ini disebut dengan gaya tidak sentuh
3. Secara garis besar maka macam gaya adalah ....

2. Akibat pengaruh gaya pada benda

Gambar 10.6
Akibat gaya tarik bumi menyebabkan buah jambu jatuh

Gambar 10.7
Gaya tarik yang diberikan anak menyebabkan mobil-mobilannya bergerak

Gambar 10.8
Seorang anak memberikan gaya pembangkit, pada batu yang mengakibatkan batu bergerak berpindah

Gambar 10.9
Tangan yang memberi gaya menekan pada balon sehingga bentuk balon berubah dengan bumi

Gambar 10.10
Seorang anak berolah raga, dengan memberi gaya pada pegas, sehingga pegas bertambah panjang/berubah bentuk

Gambar 10.11
Seseorang yang duduk di kursi busa, maka gaya berat orang tersebut akan merubah bentuk busa kursi tersebut

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

Perhatikan gambar 10.6 sampai gambar 10.11 pada halaman sebelum ini!

1. Pengaruh gaya menyebabkan benda bergerak. Tunjukkan nomor gambarnya!
2. Pengaruh gaya menyebabkan benda berubah bentuk. Tunjukkan nomor gambarnya!
3. Pengaruh gaya pada benda dapat menimbulkan berbagai perubahan. Sebutkan!

3. Arah gaya

Berdsarkan gambar 10.1 sampai gambar 10.11 maka (jawab pada kertas lain):

Peristiwa yang menunjukkan gaya yang diberikan bersifat dorongan adalah gambar nomor .... dan peristiwa yang menunjukkan gaya yang diberikan bersifat tarikan adalah gambar nomor ....

Maka arah gaya yang diberikan pada benda dapat berupa

a) ....

b) ....

UJI PEMAHAMAN

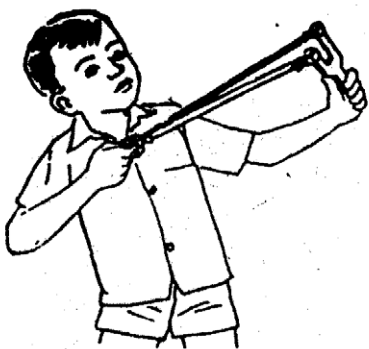
Berdasarkan gambar berikut. Anak akan melontarkan batu dengan ketapel.

Tinjaulah sifat-sifat gaya dari :

a. gaya terhadap karet ketapel

b. karet terhadap batu, setelah dilepaskan

Jawab : (kerjakan di kertas lain)

a. Sifat-sifat gaya yang diberikan tangan pada karet ketapel.

1. Ditinjau penyebabnya adalah ....
2. Akibat yang dialami, karet ....
3. Arahnya merupakan ....

b. Sifat-sifat yang diberikan karet ketapel pada batu setelah dilepaskan :

1. Penyebabnya adalah ....
2. Akibatnya yang dialami batu ....
3. Arahnya merupakan ....

B. GAYA MERUPAKAN BESARAN VEKTOR

1. Mengukur gaya

Nilai suatu gaya dapat diukur dengan alat neraca pegas atau dinamometer. Pada saat mengukur gaya berat sebuah benda, maka benda digantungkan pada neraca pegas, sehingga pegas yang ada pada alat tersebut merenggang dan skala dapat ditera (baca).

Gambar 10.12 Neraca pegas

Satuan gaya menurut SI adalah newton disingkat N.

$1N = 1 \text{ kg. m. s}^{-2}$

Satuan yang lain yang lebih kecil yaitu dyne

$1 \text{ dyne} = 1 \text{ g. m. s}^{-2}$

$1 \text{ dyne} = 10^{-5} \text{ newton}$

$1 \text{ newton} = 10^{5} \text{ dyne}$

2. Arah gaya

Besaran gaya selain ditentukan oleh besar kecilnya kuantitas juga arah gaya. Misalnya ada dua gaya masing-masing $F_1 = 50$ N ke kanan dan $F_2 = 50$ N ke kiri, maka $F_1 \neq F_2$ karena arah F_1 berbeda dengan arah F_2, sehingga akibat yang ditimbulkan akan berbeda.

Gaya dapat digambarkan dengan menggunakan diagram vektor berupa anak panah.

Arah anak panah menunjukkan arah gaya dan panjang anak panah menunjukkan besar gaya.

Contoh-contoh menggambar gaya :

$F_1 = 50$ N — Besar F_1 : 50 N
Arah F_1 : ke kanan

$F_2 = 50$ N — Besar F_2 : 50 N
Arah F_2 : ke kiri

$F_3 = 30$ N

$F_4 = 30$ N

Besar F_3 : 30 N

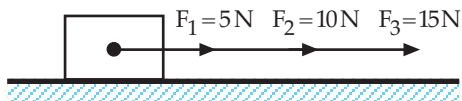
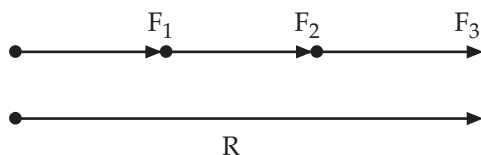
Arah F_3 : ke kanan

Besar F_4 : 30 N

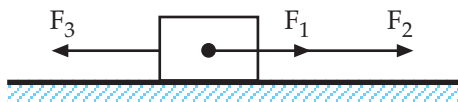
Arah F_4 : ke kiri

Penjumlahan gaya-gaya segaris

a. Gaya-gaya searah

Jika ada dua gaya atau lebih segaris dan searah yang bekerja pada suatu benda misalnya F_1, F_2, F_3, dst, maka dapat diganti dengan satu gaya

Dari gambar di atas tiga gaya tersebut dijumlahkan secara aljabar.

Jadi, jumlah gaya searahnya

$$\Sigma F = \vec{R} = F_1 + F_2 + F_3 \ldots.$$

b. Gaya-gaya berlawanan arah

Untuk menjumlahkan gaya-gaya seperti di atas kita ikuti perjanjian-perjanjian di bawah ini

1. Gaya-gaya arah ke kanan dianggap positif
2. Gaya-gaya arah ke kiri dianggap negatif
3. Gaya-gaya arah ke atas dianggap positif
4. Gaya-gaya arah ke bawah dianggap negatif

Selanjutnya kita jumlahkan secara aljabar.

Contoh soal:

1. Dua orang anak menarik benda masing-masing dengan gaya 100 N ke kanan dan 250 N ke kanan pula. Berapakah besar gaya yang bekerja pada benda tersebut ?

   Penyelesaian:

   Diketahui: $F_1 = 100$ N

   $F_2 = 250$ N

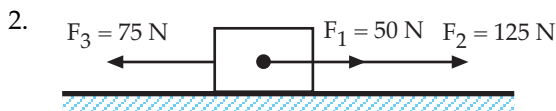
Ditanya: $\Sigma F = ?$

Jawab:

$\Sigma F = F_1 + F_2$

$\Sigma F = 100 \text{ N} + 250 \text{ N}$

$\Sigma F = 350 \text{ N}$

2.

Hitung jumlah gaya yang bekerja pada benda tersebut!

Penyelesaian :

Diketahui : $F_1 = 50 \text{ N}$

$F_2 = 125 \text{ N}$

$F_3 = -75 \text{ N}$

Ditanya : ΣF

Jawab :

$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3$

$\Sigma F = 50 \text{ N} + 125 \text{ N} + (-75)$

$\Sigma F = 175 \text{ N} - 75 \text{ N}$

$\Sigma F = 100 \text{ N}$ (arah ke kanan)

3. Gaya gesekan

Gaya gesekan adalah suatu gaya yang terjadi akibat dua permukaan benda yang bersinggungan. Arah gaya gesek berlawanan dengan arah gaya yang dikenakan pada benda tersebut, dan selalu sejajar dengan permukaan benda yang saling bersinggungan. Besarnya gaya gesek dipengaruhi oleh licin atau kasarnya dua permukaan benda tersebut.

Contoh gaya gesek yang menguntungkan:

1. Permukaan jalan raya dibuat tidak licin agar kendaraan yang berjalan tidak dapat selip.
2. Permukaan lantai dibuat kasar agar tidak menyebabkan orang tidak terpeleset saat berjalan di atasnya.
3. Sol sepatu dibuat tidak rata agar dapat digunakan untuk berjalan atau berlari.
4. Permukaan rem sepada dibuat kasar agar sepeda dapat berhenti saat di rem.

Contoh gaya gesek yang merugikan:

1. Gesekan di dalam mesin dapat menyebabkan bagian-bagian dalam mesin menjadi aus.
2. Gesekan antara ban dengan aspal dapat menyebabkan ban menjadi tipis.
3. Gesekan udara dengan badan pesawat ruang angksa dapat menyebabkan panas.

Diskusi

1. Mengapa kendaraaan tidak berani melaju kencang pada jalan yang basah ?
2. Mengapa sol sepatu dibuat kasar ?
3. Pada roda mobil yang terjembab dalam lumpur hanya berputar saja saat mobil dijalankan, sehingga mobil tetap pada kedudukan semula, mengapa?

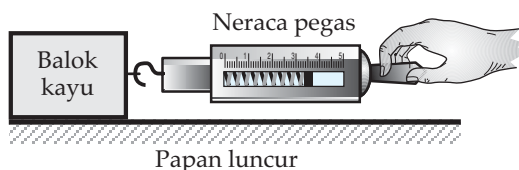
Kegiatan 10.1 Gaya gesek antara dua permukaan benda

1. Tujuan percobaan:

   Untuk mengetahui pengaruh tingkat kekasaran permukaan benda terhadap besar gaya gesek
2. Alat percobaan:

No.	Alat/bahan	Jumlah
1.	Papan luncur kayu halus	1 buah
2.	Papan luncur kayu kasar	1 buah
3.	Bidang luncur kaca	1 buah
4.	Balok kayu halus	1 buah
5.	Balok kayu kasar	1 buah
6.	Neraca pegas/dinamometer	1 buah

3. Persiapan percobaan

   Susun alat seperti gambar di bawah!

4. Langkah-langkah kerja
   a. Gunakan papan luncur dari kaca dan balok kayu halus, kemudian tarik pelan-pelan dinamometer hingga balok mulai bergerak, catat besar gaya pada neraca pegas! Isikan data tersebut pada tabel.
   b. Ganti balok kayu halus dengan balok kayu kasar, ulangi kegiatan ini seperti kegiatan di atas!
   c. Ganti papan luncur kaca dengan papan kayu halus! Lakukan percobaan pada balok halus dan kasar!
   d. Ganti papan luncur dengan papan kayu yang kasar! Lakukan percobaan untuk balok kayu halus dan kasar! Catat hasil percobaan pada tabel!
   e. Tabel besar gaya hasil percobaan (salin dan kerjakan pada kertas lain)!

Jenis balok	Papan luncur		
	Kaca	Kayu halus	Kayu kasar
1. Kayu halus	.... N	.... N	.... N
2. Kayu kasar	.... N	.... N	.... N

6. Bagaimana kesimpulanmu dari percobaan itu?
   1. ....
   2. ....

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Sebutkan 4 contoh gaya gesek yang menguntungkan!
2. Sebutkan 4 contoh gaya gesek yang merugikan!
3. Mengapa mesin-mesin kendaraaan bermotor perlu minyak pelumas?
4. Bagaimana caranya mengurangi gaya gesek?
5. Sebutkan 3 faktor yang mempengaruhi besarnya gaya gesek!

4. Berat dan massa benda

Berat benda berbeda dengan massa benda, walaupun dalam kehidupan sehari-hari sering rancu dan disama artikan. Massa benda adalah jumlah materi yang dikandung oleh suatu zat. Sifat massa adalah tetap, dan tidak mengalami perubahan walaupun tempatnya berlainan.

Berat adalah massa yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi. Berat merupakan gaya yang arahnya menuju pusat massa yang mempengaruhinya. Dengan demikian gaya berat suatu benda di bumi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$W = m \cdot g$$

dimana: W = gaya berat (N)
m = massa benda (kg)
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Contoh soal:
Massa benda sebesar 2 kg berada pada tempat dengan percepatan gravitasi sebesar 9,8 m/s^2. Berapa berat benda tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : m = 2 kg
g = 9,8 m/s^2

Ditanyakan : W = ...?

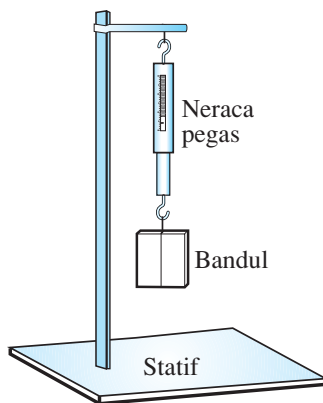
Jawab :

W = m.g
= 2 kg x 9,8 m/s^2 = 19,6 N

Kegiatan 10.2 Hubungan gaya berat, massa dan percepatan gravitasi bumi

1. Tujuan percobaan :
   Menentukan nilai percepatan gravitasi bumi
2. Alat dan bahan :

No.	Alat/bahan	Jumlah
1.	Neraca pegas	1 buah
2.	Bandul 0,5 kg, 2 kg	1 buah
3.	Statip	1 buah

3. Persiapan percobaan
   Susun alat seperti gambar berikut.

4. Langkah-langkah:
   a. Gantungkan beban sebesar 0,5 kg pada neraca pegas dan amati skala neraca pegas, catat pada tabel di bawah ini!
   b. Ulangi lagi percobaan diatas dengan beban masing-masing 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, dan 2,5 kg catat skala neraca pegas!
5. Tabel hasil percobaan

No.	Massa beban (m)	Skala neraca pegas (W)	Perbandingan $\frac{W}{m} = g$
1.	0,5 kg	....	....
2.	1 kg	....	....
3.	1,5 kg	....	....
4.	2 kg	....	....
5.	2,5 kg	....	....

6. Buatlah kesimpulan

Diskusi

a. Apakah ada perbedaan yang mencolok/nilai percepatan gravitasi dari 5 percobaan yang telah dilakukan?

b. Beri alasan jawaban kalian, mengapa demikian?

Contoh soal:

1. Jika massa benda sebesar 0,5 kg digantungkan pada dinamometer, skala dinamometer menunjuk 5 N, berapa percepatan gravitasi di tempat tersebut?

   Penyelesaian :

   Diketahui : m = 0,5 kg

   W = 5,0 N

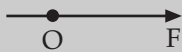
   Ditanya : g = ...?

   Jawab : W = m.g

   5,0 = 0,5 . g

   $$g = \frac{5,0}{0,5} = 10 \text{ m/s}^2$$

RANGKUMAN

1. Gaya dapat berupa tarikan atau dorongan
2. Termasuk besaran vektor yaitu memiliki besar dan arah.
3. Lukisan gaya:

O = titik pangkal

OF = menyatakan gaya

→ = arah gaya

4. Resultan beberapa gaya dirumuskan:

   $$R = F_1 + F_2 + F_3 + ...$$

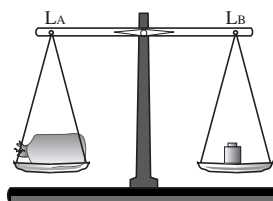
   Jika arah gaya kekanan diberi tanda "+"

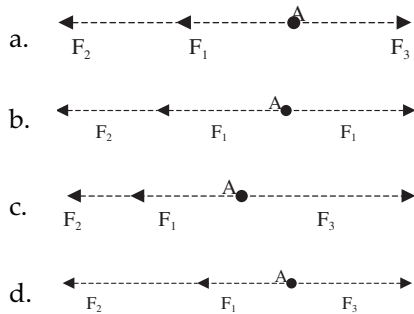
   Jika arah gaya kekiri diberi tanda "-"

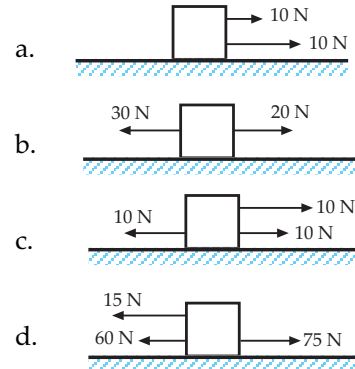
5. Berat dipengaruhi percepatan gravitasi

UJI KOMPETENSI

I. Pilih salah satu jawaban yang benar!

1. Serpihan kertas kecil dapat tertarik oleh penggaris plastik yang telah digesekkan pada rambut kering, hal ini terjadi karena kertas tersebut mendapat gaya ....
   a. magnet   c. listrik
   b. tarik   d. sentuh
2. Tiga orang anak mendorong sebuah kotak, masing-masing 400 N ke kanan, 350 N ke kiri dan 300 N ke kanan. Jika gaya-gaya tersebut satu titik tangkap, maka gaya yang bekerja pada kotak adalah ....
   a. 300 N ke kiri
   b. 350 N ke kanan
   c. 3500 N ke kanan
   d. 1050 N ke kanan
3. Arah gaya gesek yang terjadi antara 2 permukaan yaitu ....
   a. searah dengan kecenderungan arah gerak benda
   b. berlawanan dengan kecen-derungan arah gerak benda
   c. dapat berlawanan atau searah dengan gerak benda
   d. tegak lurus dengan arah gerak benda
4. Massa suatu benda 15 kg sedangkan percepatan gravitasi di tempat tersebut 10 m/s^2 maka berat benda tersebut ....
   a. 1,5 N   c. 25 N
   b. 5 N   d. 150 N
5. Jika massa benda dibumi 100 kg dan percepatan gravitasi di bumi 9,8 m/s^2, dan di bulan $\frac{1}{6}$ gravitasi di bumi, maka massa benda di bulan adalah ....
   a. 98 kg
   b. 100 kg
   c. 163 kg
   d. 980 kg
6. Kita menimbang satu kilogram gula dengan menggunakan neraca yang dibebani beban timbangan seperti nampak pada gambar berikut. Supaya 1 kg gula tersebut benar-benar tepat sebesar 1 kg, maka kedudukan lengan LA dan LB yang paling tepat adalah ....

   a. LA lebih tinggi daripada LB
   b. LB lebih tinggi daripada LA
   c. LA dengan LB membentuk sudut 30°
   d. LA dan LB sama tinggi diukur dari atas meja timbangan
7. Seorang siswa sedang berjalan dengan langkah yang sama di depan kelas. Gaya yang bekerja pada siswa tersebut adalah ....
   a. mula-mula kecil lalu bertambah besar
   b. mula-mula besar kemudian bertambah kecil
   c. tetap besarnya
   d. tidak ada gaya yang bekerja

8. Pada titik A bekerja tiga buah gaya F_1 = 5N, F_2 = 3N dan F_3 = 8N. Bila titik A itu tidak bergerak, maka diagram gaya yang benar adalah ....

9. Bila kita mendorong almari di atas lantai terasa berat, karena adanya pengaruh gaya ....
   a. gravitasi
   b. gesek
   c. otot
   d. magnet

10. Lukisan gaya yang memungkinkan terjadi keseimbangan adalah ....

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan benar!

1. Budi dan Rudi bermain tarik tambang. Budi memberi gaya tarik 20 N ke kiri dan Rudi memberi gaya tarik 30 N ke kanan. Berapakah resultan gaya yang diberikan oleh kedua anak itu dan kemana arah resultan gayanya?
2. Sebuah gaya 2 N digambar dengan anak panah berskala sepanjang 5 cm arah ke kanan
   a. gambarlah gaya 5 N
   b. gambarlah gaya –6 N
   c. jika terdapat gambar gaya dengan anak panah yang panjangnya 8 cm ke kanan, maka berapakah besar gaya tersebut?
3. Mengapa berat benda di khatulistiwa bila di bawa ke daerah kutub nilainya berubah?
4. Menarik benda di tempat yang kasar lebih berat dibanding menarik benda tersebut di tempat yang licin? Mengapa?
5. Sebuah benda dengan massa 50 kg terletak di tanah dan pada saat ditarik dengan gaya sebesar 100 N dengan arah mendatar benda tepat akan bergerak. Berapakah besar gaya gesek pada bidang singgung antara tanah dan benda?

BAB 11

HUKUM-HUKUM NEWTON

Standar Kompetensi:

Memahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari.

Kompetensi Dasar:

Menerapkan hukum Newton untuk menjelaskan berbagai peristiwa dalam kehidupan sehari – hari.

Pengaruh gaya terhadap sebuah benda, di antaranya dapat mengadakan perubahan gerak pada benda tersebut.

Pada materi ini akan dibahas pengaruh gaya terhadap gerak sebuah benda yang tertuang dalam hukum Newton I, II dan III.

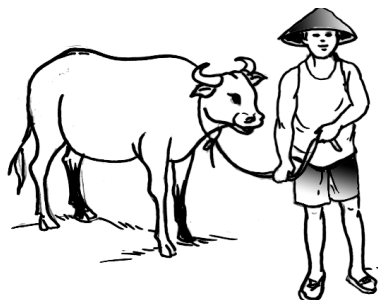
A. HUKUM I NEWTON

Hukum I Newton menyatakan "*Suatu benda tetap diam atau bergerak lurus beraturan jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda itu atau jika resultan gaya yang bekerja pada benda itu sama dengan nol*."

Dari pernyataan hukum I Newton di atas, secara matematika dapat pula dinyatakan bahwa syarat berlakunya hukum I Newton jika $\Sigma F = 0$ (jumlah aljabar gaya-gaya yang bekerja pada benda itu = 0).

Hukum I Newton disebut juga hukum kelembaman, artinya pada dasarnya setiap benda bersifat lembam, yaitu berusaha mempertahankan keadaannya. Jika benda dalam keadaan diam maka akan berupaya diam selamanya dan jika benda dalam keadaan bergerak akan berupaya bergerak selamanya. Sifat kelembaman benda sebanding dengan massa benda. Semakin besar massa benda, semakin besar pula sifat kelembamannya.

Perhatikan contoh-contoh di bawah ini.

Gambar 11.1(a)

Gambar 11.1(b)

Gambar 11.1(a) : Menggambarkan seseorang sedang menarik seekor kam bing dalam keadaan diam.

Gambar 11.1(b) : Menggambarkan seseorang sedang menarik seekor kerbau dalam keadaan diam.

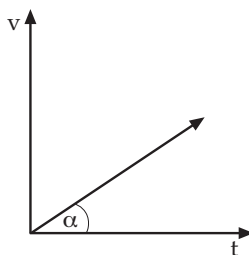
Tentunya orang tersebut lebih mudah menggerakkan seekor kambing yang diam dibanding menggerakkan seekor kerbau yang diam. Sebab massa kambing lebih kecil dibanding massa kerbau, sehingga sifat kelembaman kambing lebih kecil dibanding sifat kelembaman kerbau.

Sumber: Clip Art
Gambar 11.2 Kereta api yang sedang bergerak

Untuk menghentikan kereta api yang sedang bergerak tidak mudah, karena massa kereta api begitu besarnya sehingga sifat kelembamannya juga besar. Contoh penerapan hukum I Newton dalam kehidupan sehari-hari misalnya, kalian naik kendaraan bus yang sedang bergerak stabil tiba-tiba direm dengan mendadak, tentu kalian akan terdorong ke depan. Tetapi, jika bus dipercepat dengan mendadak tentu kalian akan terdorong ke belakang. Mengapa demikian?

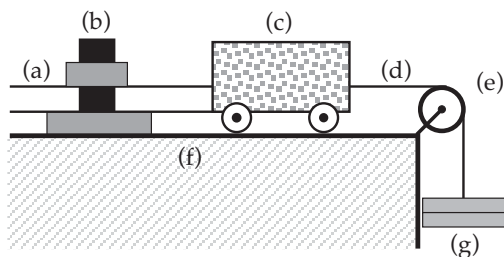
B. HUKUM II NEWTON

Hukum II Newton membahas hubungan antara gaya konstan yang bekerja pada benda terhadap percepatan yang timbul pada benda tersebut dan hubungan antara massa benda terhadap percepatan yang timbul pada benda akibat gaya konstan yang bekerja pada benda tersebut.

Sebelum kita membahas keterkaitan besaran-besaran di atas, kita ingat kembali pada grafik hubungan kecepatan (v) terhadap waktu (t) pada gerak lurus berubah beraturan (GLBB), seperti tampak pada gambar 11.3 berikut.

Gambar 11.3 Grafik hubungan v dan t pada GLBB

Dari grafik tersebut di dapat bahwa nilai percepatan (a) sebanding dengan besar sudut kemiringan grafik (α).

$a \propto \alpha$

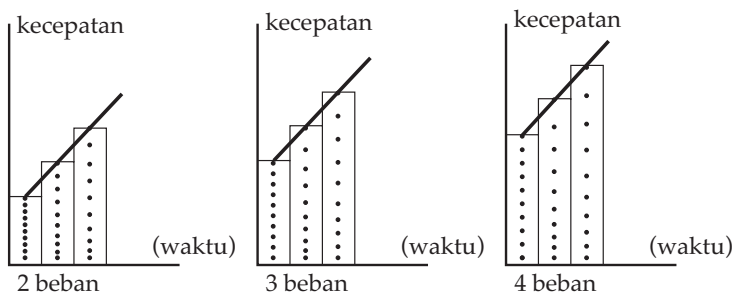
Untuk membahas hal di atas mari kita ikuti hasil percobaan yang menggunakan alat-alat dan rangkaian alat seperti gambar 11.4 berikut.

Gambar 11.4

Keterangan :

a = pita ticker timer
b = ticker timer
c = trolly
d = benang
e = katrol
f = papan luncur
g = beban

a. Kegiatan I

Pada kegiatan I menggunakan 1 trolly dengan beban yang digantung mula-mula 2 buah, kemudian 3 buah dan selanjutnya 4 buah!

Pada saat beban dilepas, ticker timer. Dengan demikian selama trolly bergerak pita ticker timer terekam ketikannya. Dari langkah kegiatan 1 jika kemudian pita ticker timer dipotong-potong dengan setiap potongannya mengandung sejumlah ketikan yang sama (misal 10 ketikan) maka terdapat grafik seperti gambar 11.5 di bawah.

Gambar 11.5

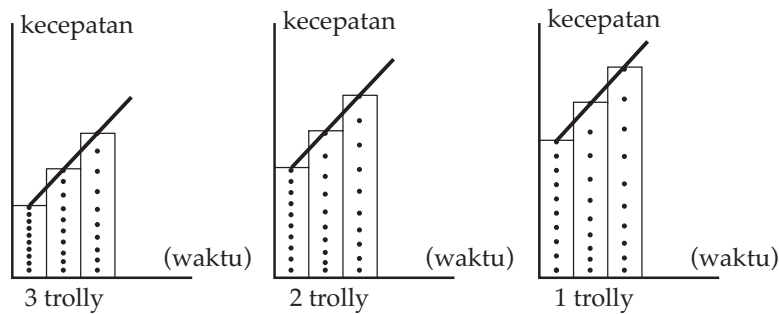
Informasi:

1. *Penambahan beban digantung berarti penambahan gaya yang bekerja pada trolly.*
2. *Besar percepatan yang timbul pada trolly sebanding dengan besar sudut kecondongan grafik.*

Dari hasi kegiatan I, didapat bahwa besar percepatan (a) sebanding dengan besar gaya yang bekerja pada benda (F).

$a \propto F$

b. Kegiatan II

Ulangi langkah kegiatan I, tetapi mengganakan beban yang tetap! Adapu jumlah trolly diubah dengan cara menumpuk beberapa trolly! Ternyata dengan menggunakan trolly 3 buah, 2 buah, dan 1 buah diperolah grafik seperti gambar 11.6 berikut.

Gambar 11.6

Informasi :

Penambahan jumlah trolly berarti penambahan massa trolly.

Berdasarkan kegiatan II, diperoleh bahwa besar perecapatan berbanding terbalik dengan massa benda.

$a \propto \frac{1}{m}$

Berdsarkan kegaitan I dan II di atas , maka hukum II Newton dapat dinyatakan dengan bentuk persamaan:

$$a = \frac{F}{m}$$ atau $$F = m \cdot a$$

Keterangan:

a = percepatan (m/s²)

F = gaya (N)

m = massa benda (kg)

Catatan :

1. Jika banyaknya gaya yang bekerja pada benda lebih dari satu buah maka diperoleh:

   $$\Sigma F = m \cdot a$$

2. Hukum II Newton dalam penerapannya berhubungan dengan gerak lurus berubah beraturan.

Contoh Soal:

1. Sebuah benda mula–mula diam kemudian diberikan gaya sehingga percepatan yang timbul 2 m/s^2. Jika massa benda 10 kg, hitunglah gaya yang bekerja!

   Penyelesaian:

   Diketahui: a = 2 m/s^2

   m = 10 kg

   Ditanya: F = ...?

   Jawab: F = m . a

   F = 10 kg x 2 m/s^2

   = 20 kg m/s^2 = 20 N

   Jadi, gaya yang bekerja sebesar 20 N.

2. Mobil dengan massa 900 kg saat akan melaju dari keadaan diam gaya yang bekerja 1800 N. Hitunglah percepatannya!

   Penyelesaian :

   Diketahui : m = 900 kg

   F = 1800 N

   Ditanya : a = ...?

   Jawab :

   $$a = \frac{F}{m} = \frac{1800\text{ N}}{900\text{ kg}} = 2\text{ m/s}^2$$

   Jadi, percepatan mobil 2 m/s^2

3. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 72 km/jam kemudian direm dengan gaya konstan sehingga dalam waktu 5 sekon kecepatannya menjadi 36 km/jam. Jika massa mobil 8 ton hitung:

   a. gaya untuk mengerem,

   b. waktu yang diperlukan mulai mobil direm sampai berhenti.

   Penyelesaian:

   Diketahui: $v_o = 72\text{ km/jam} = \frac{72 \times 1000}{3600} = 20\text{ m/s}$

   $v_t = 36$ km/jam = 10 m/s

   t = 5 s

   m = 8 ton = 8000 kg

   $v_t^1 = 0$

   Ditanya : a) F

   b) t jika $V_t^1 = 0$

   Jawab:

   F = m . a

   $$a = \frac{v_t - v_o}{t} = \frac{10 \pm 20}{5} = \frac{-10}{5} = -2\text{ m/s}$$

   F = m . a

   = 8000 x (-2)

   = - 16000 N (tanda (–) : berlawanan dengan arah gerak benda)

   b. $v_t = v_o + at$

   0 = 20 – 2.t

   2t = 20

   $t = {}^{20}/_{2}$ = 10 sekon

   Jadi untuk berhenti membutuhkan waktu 10 sekon.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Mobil balap dalam waktu 10 detik menambah kecepatannya dari 10 m/s menjadi 30 m/s. Berapakah besar gaya mesin jika massa mobil 5 ton?
2. Seorang sopir mengendarai truk dengan kecepatan 30 m/s dan dalam 5 detik meningkatkan kecepatan menjadi 40 m/s. Karena kurang menguasai kendaraannya, truk menabrak pohon. Berapakah gaya benturan yang ditimbulkan truk, jika massa truk 6 ton?

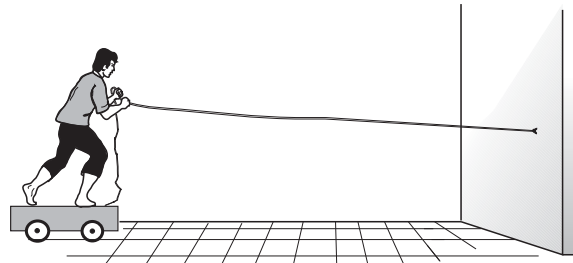
C. HUKUM III NEWTON

Hukum III Newton disebut juga dengan hukum aksi-reaksi. Artinya jika pada suatu benda diberikan gaya sebagai aksi maka benda tersebut akan melawan dengan gaya sebagai gaya reaksi.

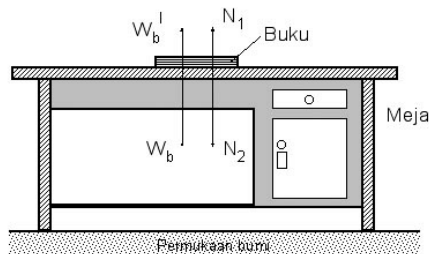
Hukum III Newton menyatakan "*Jika suatu benda I mengerjakan gaya terhadap benda II maka benda II mengerjakan gaya pada benda I yang besarnya sama, tetapi dengan arah yang berlawanan dengan arah gaya dari benda I*".

Secara matematis hukum III Newton dapat dinyatakan :

$$F_{aksi} = -F_{reaksi}$$

Agar lebih jelasnya, perhatikan kejadian di bawah ini :

Gambar 11.7
Seorang yang naik kereta roda menarik tali yang diikatkan pada tembok.

Ketika orang tersebut menarik tali ke arah belakang, yang terjadi orang beserta kereta rodanya bergerak ke depan. Hal tersebut dapat terjadi karena pada saat orang memberi aksi pada tali ke arah belakang maka tali meberi reaksi pada orang ke arah depan. Dari kejadian tersebut jelaslah bahwa jika kita memberi aksi pada benda, maka benda itu memberi reaksi pada kita yang besarnya sama dengan arah berlawanan.

Untuk lebih jelasnya mengenai panjang aksi dan reakasi, perhatikan gambar 11.8 berikut yang menggambarkan sebuah buku yang terletak di atas meja.

Gambar 11.8

Keterangan:

W_B = Gaya bumi menarik buku

W_B' = Gaya buku menarik bumi

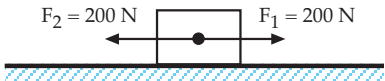
N_1 = Gaya normal oleh meja terhadap buku

N_2 = Gaya normal oleh buku terhadap meja

Dari gaya-gaya yang muncul pada sistem tersebut di atas, maka yang merupakan pasangan gaya aksi dan reaksi adalah:

a. W_B dan W_B'

b. N_1 dan N_2

D. PENERAPAN HUKUM NEWTON DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

Dalam kehidupan sehari-hari hukum newton banyak diterapkan pada hal-hal sebagai berikut.

1. Orang yang sedang mendayung sampan.
2. Mempercepat laju kendaraan bermotor dengan memperbesar gas.
3. Memperlambat laju kendaraan bermotor dengan mengerem.
4. Orang yang sedang berjalan di tempat yang kasar.

1. Hukum I Newton menyatakan bahwa benda akan tetap diam atau bergerak lurus beraturan jika resultan gaya sama dengan nol.
   a. Benda bersifat lembam
   b. $\Sigma F = 0$
2. Hukum II Newton secara matematis ditulis $F = m \cdot a$ atau $\Sigma F = m \cdot a$
3. Hukum III Newton menyatakan bahwa aksi = reaksi dan ditulis:
   $F_{aksi} = F_{reaksi}$

UJI KOMPETENSI

I. Pilihlah satu jawaban yang paling benar !

1. Hukum I Newton membahas tentang ....
   a. percepatan benda
   b. kelembaman benda
   c. gaya aksi reaksi
   d. gerak melingkar

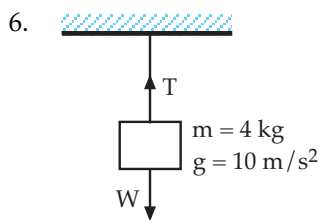
2. Besar percepatan yang timbul akibat gaya adalah ....
   a. berbanding terbalik dengan gaya
   b. berbanding lurus dengan kuadrat gaya
   c. berbanding lurus dengan massa benda
   d. berbanding terbalik dengan massa benda

3. Jika resultan gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda berharga nol maka benda tersebut ....
   a. bergerak dengan percepatan tetap
   b. mungkin bergerak dengan kecepatan tetap
   c. pasti diam
   d. bergerak kemudian diam

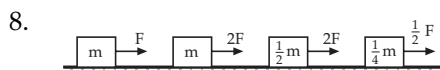
4. Gaya sebesar 60 N bekerja pada benda bermassa 2 kg di atas lantai licin, hingga benda dari diam menjadi bergerak. Setelah 2 sekon jarak yang ditempuh ....
   a. 25 m   c. 75 m
   b. 60 m   d. 125 m

5.

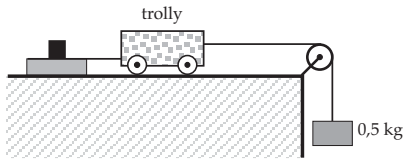
   Dari gambar di atas jika benda mempunyai massa 2 kg maka percepatan yang timbul adalah ....
   a. 25 m/s^2 c. 125 m/s^2
   b. 100 m/s^2 d. 225 m/s^2

6. T
   m = 4 kg
   g = 10 m/s^2
   W

   Dari gambar di atas jika sistem setimbang maka besar gaya tegangan tali (T) sebesar ....
   a. 4 N   c. 14 N
   b. 6 N   d. 40 N

7. Untuk mendapatkan percepatan yang besar pada sebuah benda, diperlukan ....
   a. gaya yang besar, massa yang besar
   b. gaya yang kecil, massa yang kecil
   c. gaya yang kecil, massa yang besar
   d. gaya yang besar, massa yang kecil

8. m F   m 2F $\frac{1}{2}$m 2F $\frac{1}{4}$m $\frac{1}{2}$F

   Dari keempat gambar di atas, yang mempunyai percepatan terbesar adalah gambar nomor ....
   a. (1)   c. (3)
   b. (2)   d. (4)

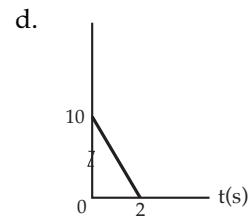
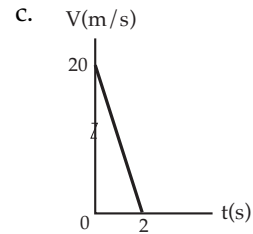
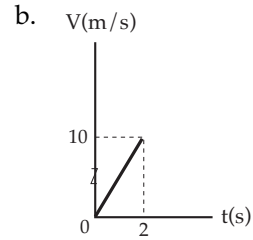
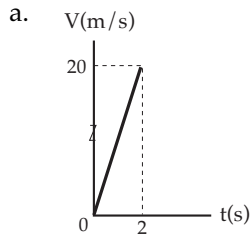
9. Sebuah bus dengan massa 2 ton melaju dengan kecepatan 72 km/jam. Kemudian bus di rem dengan gaya konstan sehingga berhenti setelah menempuh jarak 20 m dari saat bus di rem. Besar gaya pengereman adalah ....
   a. 2000 N
   b. 1440 N
   c. 10 N
   d. 20.000 N

10.

Gambar di samping adalah perlengkapan percobaan hukum II Newton. Jika massa trolly = 0,5 kg maka grafik hubungan kecepatan terhadap 0,5 kg waktu yang terekam pada pita ticker timer yang benar adalah ....

a.

b.

c.

d.

II. Kerjakan soal di bawah ini !

1. Jika kita naik bus yang sedang melaju dengan kecepatan konstan kemudian dipercepat dengan tiba-tiba ternyata tubuh kita terdorong ke belakang. Akan tetapi jika kemudian di rem dengan tiba-tiba ternyata tubuh kita terdorong ke depan.

   Hal ini berdasarkan hukum newton ke berapa? Beri penjelasan!
2. Mengapa kita sulit mendapatkan gerak benda di sekitar kita berdasar hukum I Newton?
3. Seorang anak naik sepatu roda kemudian mendorong tembok ke arah selatan, maka apa yang terjadi dengan orang beserta sepatu rodanya?

   Beri penjelasan! Berdasar hukum newton ke berapa?
4. Sebuah benda dengan massa 5 kg yang mula-mula diam dikerjakan gaya konstan sebesar 10 N. Berapa jarak yang ditempuh benda setelah 10 sekon?
5. Sebuah kawat hanya mampu menahan gaya 20 N. Sebuah benda digantung dengan kawat tersebut. Jika g = 10 m/s^2. Berapakah masa benda yang digantung jika kawat tepat akan putus?

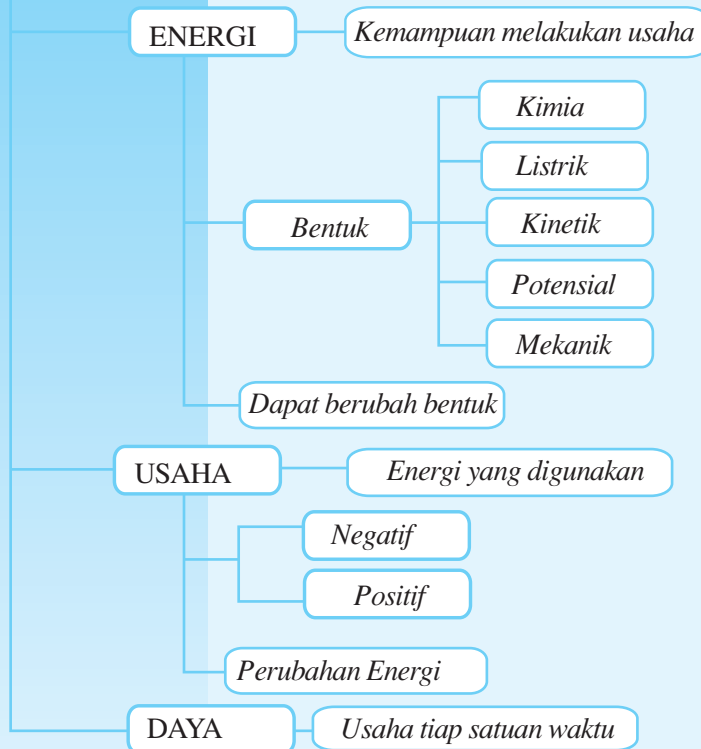
BAB 12

USAHA DAN ENERGI

Standar Kompetensi:

Memahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari.

Kompetensi Dasar:

Menjelaskan hubungan bentuk energi dan perubahannya, konsep energi dan usaha serta penerapannya dalam peristiwa sehari-hari.

Semua makhluk hidup memerlukan energi untuk bermacam-macam kegiatan, manusia memerlukan energi untuk dapat bekerja, berjalan, berbicara dan lain-lain. Bahkan untuk bernapas kita juga perlu tenaga. Untuk memahami energi perhatikan penjelasan berikut.

A. ENERGI

1. Pengertian Energi

Saat ini kita harus hemat energi, karena saat ini kita menghadapi krisis energi. Energi yang dimaksud adalah energi listrik dan energi bahan minyak.

Apa sebenarnya yang dimaksud energi? Untuk itu perhatikan penjelasan berikut.

Setelah melakukan kegiatan sehari-hari badan kita terasa lelah, lemas, dan tak bertenaga. Begitu pula mobil tidak dapat berjalan kalau kehabisan bensin. Dari kejadian tersebut apa yang harus kita lakukan? Untuk mengatasi agar kita kembali bertenaga, kita perlu makanan dan minuman. Sedangkan agar mobil dapat berjalan harus diisi dengan bensin. Berarti di dalam makanan, minuman, dan bensin tersimpan sesuatu yang dapat menyebabkan kita dan mobil kembali bertenaga. Istilah lain dari tenaga adalah energi.

Berdasarkan kedua contoh di atas dapat disimpulkan agar kita dapat melakukan kerja dan agar mobil dapat bekerja maka diperlukan energi. Jadi energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja.

2. Bentuk-bentuk Energi

Di sekitar kita dijumpai berbagai macam energi dan sumber energinya, sebagai berikut.

a. Energi kimia, yaitu energi yang terdapat di dalam makanan, minuman, obat-obatan, baterai, accu (aki) atau dalam bahan bakar (minyak tanah, bensin, dan batu bara)
b. Energi listrik, yaitu energi yang dihasilkan oleh sumber tenaga listrik seperti: PLTA, PLTN, PLTD, PLTU, PLTS, dan dinamo.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

Sebutkan minimal 5 macam bentuk energi dan sumber energinya dalam kehidupan sehari-hari!

3. Perubahan Bentuk Energi

Suatu bentuk energi ternyata dapat berubah menjadi bentuk energi yang lain. Perubahan bentuk energi dapat terjadi sekali atau beberapa kali, misalnya sebagai berikut.

a. Pada saat kita menempa besi dengan palu, maka terjadi perubahan bentuk energi dengan urutan : energi gerak - energi panas.
b. Pada saat kita menyalakan sebuah lampu pijar dengan baterai, maka terjadi perubahan bentuk energi dengan urutan : Energi kimia - energi listrik - energi panas - energi cahaya.

UJI PEMAHAMAN

Tulislah urutan perubahan bentuk energi dari peristiwa di bawah ini!

1. Menggosok-gosokkan kedua telapak tangan. Perubahan bentuk energi yang terjadi adalah ....
2. Menghidupkan kipas angin dengan listrik PLTA.
3. Menyetrum aki.

4. Energi Kinetik dan Energi Potensial

a. Satuan energi

Energi merupakan suatu besaran karena besarnya energi dapat diukur. Satuan energi dalam S.I (M.K.S) adalah Joule dan dalam CGS adalah erg.

1 joule = 10^7 erg

b. Energi kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh benda yang sedang bergerak. Besar energi kinetik sebanding dengan massa benda dan sebanding dengan kuadrat kelajuannya. Sehingga jika energi kinetik dinyatakan dengan Ek maka di dapat persamaan untuk energi kinetik :

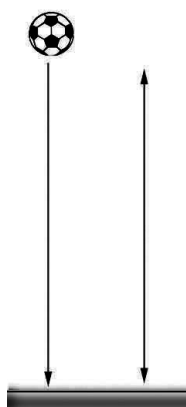
$$Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Ek = energi kinetik (joule)
m = massa benda (kg)
v = kelajuan benda (m/s)

c. Energi potensial

Energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena kedudukannya. Pada dasarnya ada 3 macam energi potensial, yaitu energi potensial gravitasi, energi potensial elastis, dan energi potensial listrik. Namun pada saat ini secara kuantitatif kita bahas terlebih dahulu adalah energi potensial gravitasi.

Energi potensial gravitasi

Energi potensial gravitasi adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda karena kedudukannya terhadap bidang acuan tertentu (misalnya : tanah, lantai, meja dan lain-lain)

Gambar 12.1
Energi potensial

Energi potensial gravitasi adalah energi yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang bekerja pada benda tersebut.

Perhatikan gambar 12.1 di samping ini!

Benda dengan massa m berada pada ketinggian h dari bidang acuan. Jika percepatan gravitasi di tempat tersebut g maka energi potensial gravitasi yang dimiliki oleh benda tersebut dinyatakan dengan persamaan :

$$Ep = m \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

Ep = energi potensial (joule atau erg)
m = massa benda (kg atau gr)
g = percepatan gravitasi (m/s^2 atau cm/s^2)
h = ketinggian benda (m atau cm)

Contoh soal:

1. Sebuah sepeda motor dengan massa 200 kg bergerak dengan kelajuan 36 km/jam. Berapakah energi kinetik yang dimiliki oleh sepeda motor tersebut!

   Penyelesaian:

   Diketahui : m = 200 kg

   v = 36 km/jam = 10 m/s

   Ditanya : Ek = ...?

   Jawab : $Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

   $Ek = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 10^2 = 10.000$ joule

2. Buah mangga dengan massa 400 gram tergantung pada dahan dengan ketinggian 4 meter di atas tanah. Jika percepatan gravitasi di tempat itu 10 m/s^2, berapakah energi potensial yang dimiliki oleh mangga tersebut?

   Penyelesaian :

   Diketahui : m = 400 gram = 0,4 kg

   h = 4 m

   g = 10 m/s^2

   Ditanya : Ep = ...?

   Jawab : $Ep = m \cdot g \cdot h$

   $Ep = 0{,}4 \cdot 5 \cdot 4 = 8$ joule

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Sebuah bola besi menggelinding pada tempat yang licin dengan energi kinetik 4 joule. Jika masa bola besi 2 kg, berapakah kecepatan gerak bola besi tersebut?
2. Sebuah benda massa m berada pada ketinggian h dari tanah. Jika percepatan gravitasinya di tempat itu dianggap sama besar, maka bagaimana upaya kalian agar energi potensial benda menjadi 4 kali energi potensial mula-mula?

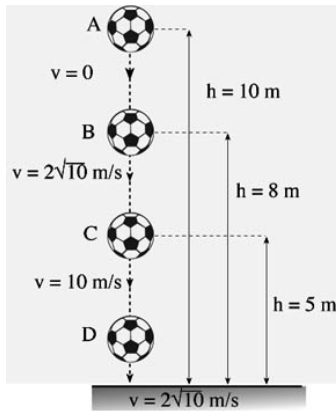
5. Energi Mekanik

Dengan penjelasan tentang energi kinetik dan energi potensial di atas berarti jika terdapat sebuah pesawat terbang yang sedang terbang maka pesawat tersebut mempunyai dua energi sekaligus, yaitu energi kinetik dan energi potensial. Jumlah energi kinetik dan energi potensial disebut dengan energi mekanik (Em).

Besar energi mekanik dapat dinyatakan dengan:

$$Em = Ek + Ep$$

Jika pada benda yang bergerak terdapat energi kinetik dan energi potensial, bagaimana nilai energi mekanik dari sebuah benda yang sedang bergerak tersebut?

Untuk itu perhatikan perhitungan di bawah ini!

Gambar 12.2 sebuah benda dengan massa 1 kg dijatuhkan bebas dari A kemudian bergerak sehingga sampai di B, di C, dan di D. Adapun data ketinggian dan kelajuan seperti pada gambar di samping. Nilai energi kinetik, energi potensial dan enegi mekanik seperti pada tabel berikut.

Gambar 12.2 Energi mekanik

Catatan : Percepatan gravitasi di tempat itu = 10 m/s^2

Kedudukan	Ketinggian (m)	Massa (kg)	Kelajuan (m/s)	Ek (J)	Ep (J)	Em (J)
di A	10	1	0	0	100	100
di B	8	1	$2\sqrt{10}$	20	80	100
di C	5	1	10	50	50	100
di D	0	1	$10\sqrt{2}$	100	0	100

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Bagaimana hubungan antara Ek dan Ep?
2. Bagaimana jumlah Ek dan Ep selama benda bergerak?

Berdasarkan data di atas ternyata nilai energi mekanik sebuah benda yang sedang bergerak selalu tetap. Pernyataan itu disebut dengan hukum kekekalan energi mekanik yang dapat dinyatakan dengan Em = tetap atau $Em_1 = Em_2$.

$$Ek_1 + Ep_1 = Ek_2 + Ep_2$$

Contoh soal:

Sebuah bola dengan massa 200 gram dijatuhkan bebas dari ketinggian 5 meter di atas tanah. Bila g = 10 m/s^2, maka tentukan :

a. energi kinetik dan energi potensial bola mula-mula.
b. energi kinetik dan energi potensial bola pada saat ketinggian bola dari tanah = 4 m
c. energi mekanik bola pada saat ketinggian bola dari tanah = 1 m.
d. kecepatan bola sesaat menumbuk tanah.

Penyelesaian :

Diketahui : $m = 200$ gram $= 0{,}2$ kg

$h_1 = 5$ m ; $v_1 = 0$ (jatuh bebas)

$g = 10$ m/s^2

Ditanya :
a) Ek_1 dan Ep_1
b) Ek_2 dan Ep_2 pada saat $h_2 = 4$ m
c) Em_3 pada saat $h_3 = 1$ m
d) v_4 pada saat $h_4 = 0$

Jawab :

a) $Ek_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = 0$ Joule

$Ep_1 = m \cdot g \cdot h_1 = 0{,}2 \cdot 10 \cdot 5 = 10$ Joule

b) $Ep_2 = m \cdot g \cdot h_2 = 0{,}2 \cdot 10 \cdot 4 = 8$ Joule

$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2$

$10 + 0 = 8 + Ek_2$

$Ek_2 = 2$ Joule

c) $Em_1 = Em_3$

$Ek_1 + Ep_1 = Em_3$

$0 + 10 = Em_3$

$Em_3 = 10$ Joule

d) $Ek_1 + Ep_1 = Ek_4 + Ep_4$

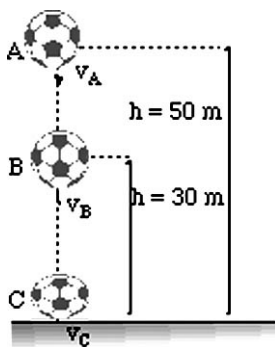
$0 + 10 = Em_3 = 10$ Joule $. m . v_4^2 + 0$

$10 = 0{,}1 \cdot v_4^2$

$v_4^2 = 100$

$v_4 = 10$ m/s

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

Benda dijatuhkan seperti gambar. Jika $g = 10$ m/s^2, berapa kecepatan benda saat di:

a. titik B

b. titik C atau saat menumbuk tanah.

6. Merancang percobaan sederhana tentang perubahan bentuk energi

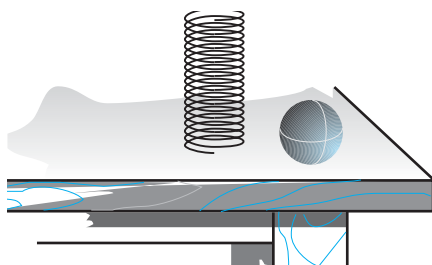
Dengan adanya perubahan bentuk energi, banyak alat-alat yang dibuat oleh manusia berdasar perubahan bentuk energi tersebut. Salah satu contoh, terlemparnya anak panah dari tali busur karena adanya perubahan bentuk energi potensial tali busur menjadi energi gerak anak panah.

Gambar 12.3
Anak panah yang siap dilepaskan memiliki energi potensial

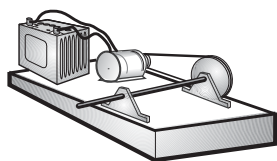
UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar! (Kerjakan di kertas lain)

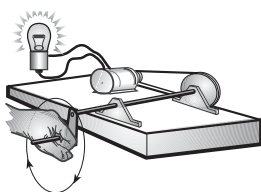
Dengan menggunakan alat-alat yang tersedia di bawah ini, rancanglah suatu percobaan tentang adanya perubahan bentuk energi! Nyatakan perubahan bentuk energi tersebut dan sebutkan alat-alat yang tercipta dari perubahan energi tersebut.

1) Alat yang tersedia : pegas, bola pingpong dan meja

Perubahan bentuk energi yang diinginkan ....
Cara kerjanya :
a) ....
b) ....
c) ....
d) ....

Alat yang tercipta karena perubahan bentuk energi tersebut adalah ....

2) Alat yang tersedia : Baterai (aki) dan motor listrik.

Perubahan bentuk energi yang diinginkan ....
Cara kerjanya :
a) ....
b) ....

Alat yang tercipta karena perubahan bentuk energi tersebut adalah ....

3) Alat yang tersedia : alat pemutar, dinamo dan lampu :

Perubahan bentuk energi yang diinginkan ....
Cara kerjanya :
a) ....
b) ....

Alat yang tercipta karena perubahan bentuk energi tersebut adalah ....

7. Hukum Kekekalan Energi

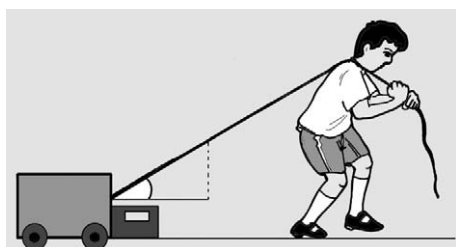
Jika kita perhatikan hasil perubahan bentuk energi dari kegiatan di atas, ternyata bentuk energi terakhir yang dihasilkan dalam setiap percobaan di atas tidak terbuang percuma di alam ini. Misalnya pada percobaan ke 3, energi cahaya yang dipancarkan oleh lampu, diubah dalam bentuk energi gerak molekul-molekul udara yang ada di sekitarnya dan seterusnya. Energi penggerak yang kita keluarkan berasal dari pengubahan energi makanan yang kita makan dan makanan yang kita makan tidak dapat diciptakan. Dari pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan. Pernyataan inilah yang disebut hukum kekekalan energi.

B. USAHA DAN ENERGI

1. Pengertian Usaha

Agar dapat melakukan suatu usaha diperlukan adanya energi.

Namun di dalam Fisika, walaupun kita telah mengeluarkan energi dapat saja dikatakan kita tidak melakukan usaha, sebab pengertian usaha di dalam Fisika berbeda dengan pengertian usaha di dalam kehidupan sehari-hari.

Perhatikan gambaran berikut.

(a) Gaya yang tidak tegak lurus, Perpindahan melakukan usaha

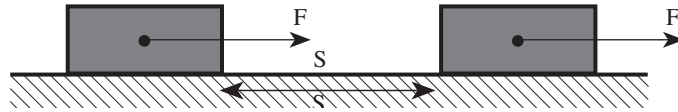
(b) Selama barbel bergerak ke atas, atlit melakukan usaha dan selama barbel diam di atas, atlit tidak melakukan usaha

(c) gaya yang tegak lurus, perpindahan tidak melakukan usaha

(d) tidak ada usaha yang dilakukan

Gambar 12.4 Beberapa macam kegiatan

Dari uraian di atas jelas bahwa pengertian usaha dalam kehidupan sehari-hari berbeda dengan pengertian usaha dalam Fisika.

Untuk memahami pengertian usaha dalam Fisika perhatikan uraian di bawah ini.

Gambar 12.5 Usaha yang dilakukan oleh gaya F

Gambar 12.5 di atas, suatu gaya F bekerja pada sebuah benda yang terletak pada bidang datar, sehingga benda berpindah sejauh s searah dengan arah gaya F.

Selama perpindahan benda tersebut dikatakan gaya F telah melakukan suatu usaha pada benda yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$W = F \cdot s$$

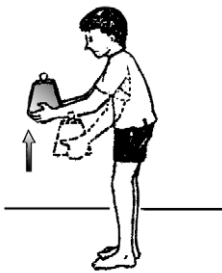
F = gaya, dalam S.I bersatuan Newton (N)

S = perpindahan, dalam S.I bersatuan meter (m)

W = usaha, dalam S.I bersatuan N.m

Catatan : 1 N.m = 1 joule 1 Joule = 10^7 erg

1 dyne . cm = 1 erg

Gambar 12.6
Gaya berat melakukan usaha negatif

Usaha merupakan besaran vektor, sehingga dapat bertanda positif dan dapat pula bertanda negatif. Perhatikan gambar 12.6 di samping.

Gambar di samping melukiskan seorang anak sedang memindahkan sebuah benda ke atas. Maka, selama benda bergerak ke atas, usaha yang dilakukan oleh gaya berat benda adalah negatif. Sehingga usaha bernilai negatif jika arah gaya berlawanan dengan arah perpindahan.

Contoh soal:

1. Gaya sebesar 5 N bekerja pada sebuah benda sehingga benda berpindah sejauh 2 meter searah dengan gaya. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya selama itu!

   Penyelesaian:

   Diketahui : F = 5 N; s = 2 m

   Ditanya : W = ...?

   Jawab : W = F . s

   W = 5 . 2 = 10 joule

2. Sebuah mobil yang sedang melaju tiba-tiba direm dengan gaya pengereman yang konstan sebesar 100 N, sehingga mobil dapat berhenti sejauh 0,5 m dari saat direm. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya pengereman tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : F = - 100N (arah gaya pengereman berlawanan dengan arah perpindahan)

S = 0,5 m

Ditanya: W = ...?

Jawab: W = F . s

W = (-100) . 0,5 = -50 joule

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Buktikan bahwa 1 joule = 107 erg!
2. Pada gambar di bawah ini gaya F1 dan F2 bekerja pada sebuah benda sehingga benda berpindah sejauh s.

Dari gambar di atas maka :

a. Usaha yang dilakukan oleh gaya F_1 adalah W_1 = ...

b. Usaha yang dilakukan oleh gaya F_2 adalah W_2 = ...

c. Usaha yang dilakukan oleh gaya F_1 dan F_2 adalah W = ...

2. Hubungan antara Energi dan Usaha

Dari uraian di atas di dapat hubungan antara energi dan usaha.

a. Hubungan energi kinetik dan usaha

Jika sebuah gaya konstan F bekerja pada sebuah benda, sehingga benda berpindah sejauh s searah dengan arah gaya, maka usaha yang dilakukan oleh gaya F dinyatakan dengan persamaan : W = F . s

Berdasar hukum II Newton didapat F = m . a dan pada persamaan GLBB di dapat:

$$v_t^2 = v_o^2 + 2a \cdot s \text{ atau } s = \frac{v_t^2 - v_o2}{2a}$$

Sehingga di dapat :

W = m . a

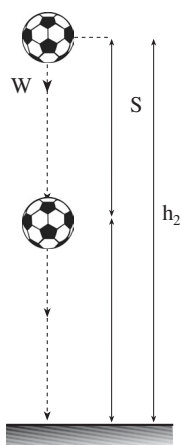
$W = \frac{1}{2} \cdot m \, (v_t^2 - v_o^2)$

$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_t^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_o^2$

$W = Ek_t - Ek_o$ atau $W = \Delta EK$

Jadi, usaha yang dilakukan oleh gaya F terhadap sebuah benda sama dengan perubahan energi kinetik benda tersebut.

b. Hubungan antara Energi Potensial dan Usaha

Gambar 12.7
Usaha oleh gaya berat

Gambar 12.7 sebuah benda dengan berat w dijatuhkan bebas dari ketinggian h_1 dari tanah, sehingga setelah menempuh jarak s ketinggian benda menjadi h_2. Usaha yang dilakukan oleh gaya berat w selama perpindahan sejauh s dinyatakan dengan persamaan :

$W = F . s$

$W = w . s = m . g (h_1 - h_2)$

$W = m . g . h_1 - m . g . h_1$

$W = Ep_1 - Ep_2$ atau $W = \Delta Ep$

Jadi, usaha yang dilakukan oleh gaya berat benda selama benda bergerak vertikal sama dengan perubahan energi potensialnya.

Contoh soal:

1. Sebuah benda dengan massa 4 kg yang mula-mula diam, dikerjakan sebuah gaya tetap sehingga setelah 5 sekon kecepatan benda menjadi 2 m/s. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya selama itu?

   Penyelesaian:

   Diketahui : m = 4 kg ; v_o = 2 m

   t = 5 s ; v_t = 2 m/s

   Ditanya : W = ...?

   Jawab : $W = \frac{1}{2} . m . v_t^2 - \frac{1}{2} . m . v_o^2$

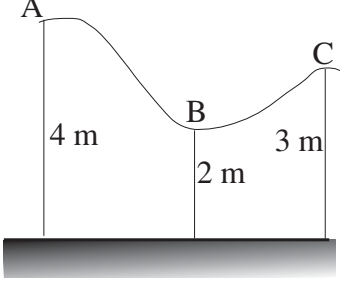
   $W = \frac{1}{2} . 4 . 4 - \frac{1}{2} . 4 . 0 = 8$ joule

2. Seorang siswa sedang memindahkan sebuah buku yang massanya 500 gram dari lantai ke atas almari yang tingginya 2,5 meter. Jika g = 10 m/s^2, maka berapakah usaha yang dilakukan siswa selama memindahkan buku tersebut?

   Penyelesaian:

   Selama siswa memindahkan buku maka ia harus memberi gaya angkat yang melawan gaya berat buku. Sehingga arah gaya angkat siswa searah dengan arah perpindahan buku, atau usaha yang dilakukan oleh gaya angkat bernilai positif sebesar.

   w = ΔEp

   w = m . g . h

   w = 0,5 . 10 . 2,5

   w = 12,5 joule

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Adakah usaha yang dilakukan pada benda yang melakukan gerak lurus beraturan? Beri penjelasan!
2. Seseorang sedang mendorong sebuah batu di atas tanah yang datar sehingga batu berpindah searah dengan gaya dorong orang tersebut.
   a. Adakah usaha yang dilakukan oleh gaya dorong orang? Beri penjelasan!
   b. Adakah usaha yang dilakukan oleh gaya berat batu? Beri penjelasan!
3.

   Gambar di samping melukiskan lintasan yang bergelombang dan licin. Kelereng dengan massa 200 gram dilepaskan dititik A. Jika g = 10 m/s^2, hitunglah usaha yang dilakukan oleh gaya berat kelereng selama kelereng bergerak:
   a. dari A ke B
   b. dari B ke C
   c. dari A ke C

3. Daya

Konsep daya diberikan untuk menyatakan besarnya usaha yang telah dilakukan dalam satuan waktu. Jika dalam waktu t sekon suatu gaya telah dapat melakukan usaha sebesar 2 joule maka daya yang timbul selama itu dinyatakan dengan:

$$P = \frac{W}{t}$$

P = daya satuan dalam S.I adalah joule/sekon
w = usaha satuan dalam S.I adalah joule
t = waktu, satuan dalam S.I adalah sekon

Catatan : 1 joule/sekon = 1 Watt

Dari persamaan P = jika w = F . s maka $P = \frac{F . s}{t}$

$\frac{s}{t} = v$ maka P = F . v

P = daya ; F = gaya dan v = kecepatan

Contoh soal:

1. Sebuah mesin diesel dengan daya 100 pk digunakan selama 30 menit. Berapakah usaha yang telah dilakukan oleh mesin diesel selama itu?

   Penyelesaian :

   Diketahui : P = 100 pk = 74.600 watt
   t = 30 menit = 1800 sekon

   Ditanya : W = ...?

   Jawab : W = p . t = 74.600 x 1800
   W = 134.280.000 joule

2. Daya angkat 2 kw bekerja pada sebuah benda yang massanya 5 kw sehingga benda bergerak dengan kecepatan tetap. Berapakah besar kecepatan tersebut? (g = 10 m/s^2)

   Penyelesaian :

   Diketahui : P = 2 Kw = 2000 w; m = 5 kw = 500 kg; g = 10 m/s^2

   Ditanya : v = ...?

   Jawab :
   $$P = F \cdot v$$
   $$P = m \cdot g \cdot v$$
   $$2000 = 500 \cdot 10 \cdot v$$
   $$2000 = 5000 \cdot v$$
   $$v = \frac{2000}{5000} = 0{,}4 \text{ m/s}$$

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

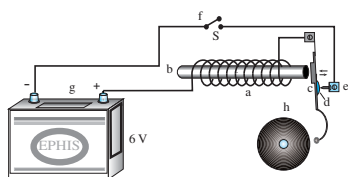
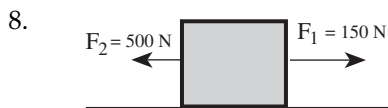
1. Dua buah mesin memiliki perbandingan daya 4 : 1. Mesin pertama dapat melakukan usaha sebesar 500 Joule selama 50 sekon. Berapakah usaha yang dilakukan oleh mesin kedua dalam waktu yang sama?
2. Benda bermassa 1 kg mula-mula bergerak dengan kelajuan 5 m/s, kemudian benda diberi gaya 2 N searah dengan gerak benda selama 20 sekon. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya selama itu?

1. Energi: Kemampuan melakukan usaha.
   Contoh: energi kimia, energi kinetik, energi listrik, energi potensial, dan energi mekanik.
2. Hukum kekekalan energi
   ”Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi energi dapat berubah bentuk”.
3. Energi kinetik: $Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
4. Energi potensial gravitasi: $Ep = m \cdot g \cdot h$
5. Energi mekanik: $Em = Ek + Ep$
6. Usaha: $W = F \cdot S$
7. Usaha positif jika searah dengan arah perpindahan dan usaha negatif jika berlawanan dengan arah perpindahan.
8. Hubungan energi kinetik dengan usaha: $W = \Delta Ek$
   usaha = perubahan energi kinetik
9. Hubungan energi potensial gravitasi dan usaha: $W = \Delta EP$
   usaha = perubahan energi potensial
10. Daya: kecepatan melakukan usaha

$$P = \frac{W}{t}$$

UJI KOMPETENSI

I. Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Energi yang dimiliki suatu benda karena ketinggiannya disebut ....
   a. energi listrik
   b. energi kimia
   c. energi kinetik
   d. energi potensial
2. Energi yang tersimpan pada bahan bakar adalah ....
   a. energi listrik
   b. energi kimia
   c. energi kinetik
   d. energi potensial
3. Perubahan energi yang terjadi pada gambar di bawah ini adalah ....

   a. listrik – kimia – gerak – bunyi
   b. kimia – listrik – bunyi – gerak
   c. listrik – kimia – gerak – panas
   d. kimia – listrik – gerak – bunyi
4. Suatu benda yang massanya 2 kg dilemparkan ke atas. Ketika mencapai ketinggian 4 meter, kecepatannya 5 m/s. Bila percepatan gravitasi 10 m/s^2, maka energi mekaniknya ....
   a. 100 J   c. 112 J
   b. 105 J   d. 120 J
5. Orang yang mendorong tembok dikatakan tidak melakukan usaha, sebab ....
   a. tidak ada gaya yang diberikan orang pada tembok
   b. gaya yang diberikan orang pada tembok terlalu kecil
   c. tidak menyebabkan tembok bergerak
   d. tembok memberi gaya balik pada orang.
6. Untuk mengangkat benda yang beratnya 20 N setinggi 200 cm diperlukan usaha ....
   a. 4000 joule
   b. -4000 joule
   c. 40 joule
   d. -40 joule
7. Gaya sebesar 500 N telah melakukan usaha sebesar 2000 joule pada sebuah benda sehingga benda berpindah sejauh S. Maka nilai S adalah ....
   a. 0,25 m
   b. 0,4 m
   c. 4 m
   d. 25 m
8.

   Dari gambar di atas jika benda berpindah sejauh 2 meter, maka usaha yang dilakukan oleh gaya F_2 adalah ....
   a. 200 J   c. -200 J
   b. 100 J   d. -100 J
9. Sebuah benda dengan massa 2 kg bergerak dengan kelajuan 2 m/s. Setelah pada benda bekerja gaya tetap selama 10 sekon kelajuan benda menjadi 4 m/s, maka usaha yang dilakukan oleh gaya selama itu adalah ....
   a. 12 J   c. 4 J
   b. 8 J   d. 2 J

10. Gaya tetap sebesar F newton bekerja pada sebuah benda yang bergerak dengan energi kinetik 20 joule sehingga dalam waktu 10 sekon energi kinetik benda menjadi 40 joule. Daya yang diberikan pada gaya tersebut sebesar ....

    a. 2 watt
    b. 4 watt
    c. 4 watt
    d. 8 watt

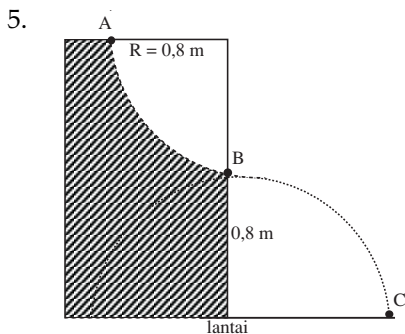
II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan benar!

1. Apa yang dimaksud dengan :

   a. energi kinetik b. energi potensial c. energi mekanik

2. Pesawat terbang yang bermassa 2 ton sedang terbang dengan kelajuan 50 m/s dan energi mekanik sebesar 6.500.000 Joule. Jika percepatan gravitasi = 10 m/s^2, berapakah ketinggian pesawat terbang tersebut?

3. Sebuah benda digantung dengan tali kemudian diayun sehingga benda berayun. Selama benda berayun tentu benda tersebut mempunyai energi mekanik. Berdasarkan hukum kekekalan energi mekanik nilai energi mekanik benda tersebut tetap. Akan tetapi mengapa kemudian benda tersebut berhenti? Kemana energi mekanik benda tersebut?

5.

   Gambar di samping adalah sebuah kelereng dilepaskan di titik A pada bidang busur lingkaran licin dengan jari-jari 0,8 m tanpa kecepatan awal. Hitunglah :

   a. kecepatan kelereng pada saat sampai di titik B!
   b. kecepatan kelereng pada saat menumbuk lantai!

5. Sebuah kereta api yang bergerak dengan kelajuan 108 km/jam di rem dengan gaya pengereman tetap sehingga kereta api berhenti. Jika massa kereta api 200 ton, berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya pengereman mulai mengadakan pengereman sampai kereta api berhenti!

BAB 13

PESAWAT SEDERHANA

Standar Kompetensi:

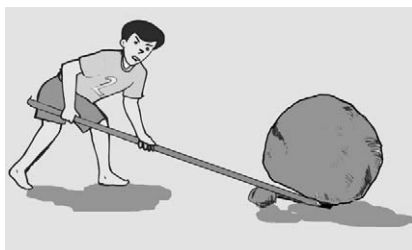
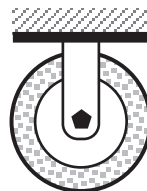
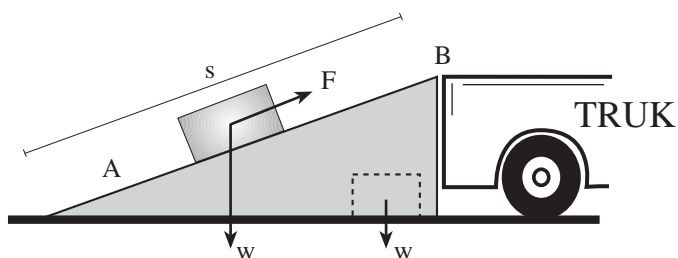
Memahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari.

Kompetensi Dasar:

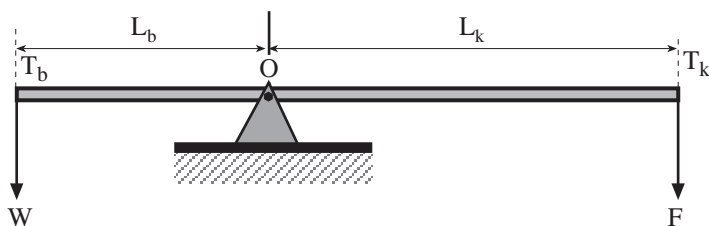
Melakukan percobaan tentang pesawat sederhana dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering memerlukan alat untuk membantu memudahkan usaha. Alat yang dapat membantu memudahkan suatu usaha disebut pesawat sederhana. Pesawat sederhana digolongkan menjadi tiga macam, yaitu:

a. Tuas atau Pengukit.

b. Katrol.

c. Bidang miring.

(a) Tuas/pengungkit (b) Katrol

(c) bidang miring

Gambar 13.1 Beberapa macam pesawat sederhana

A. TUAS / PENGUKIT

Gambar 13.2 Tuas/pengungkit

Keterangan:

W = Gaya beban (N)

F = Kuasa (N)

Lb = Lengan beban (m) jarak dari O ke T_b

Lk = Lengan kuasa (m) jarak dari O ke T_k

O = Penumpu

T_b = titik beban

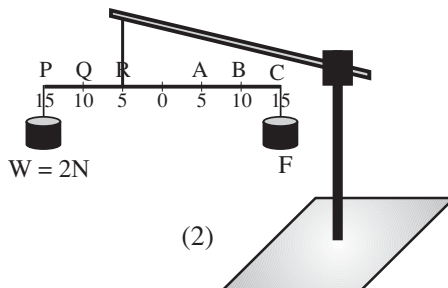
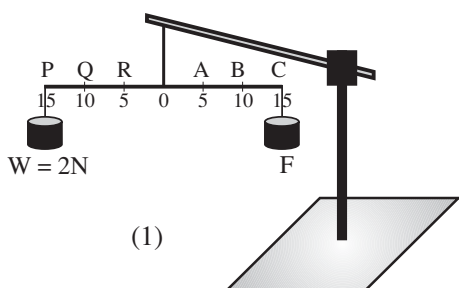
T_k = titik kuasa

Berdasarkan konsep keseimbangan, pada saat sistem dalam keadaan seimbang diperoleh:

$$W \times Lb = F \times Lk \quad \text{atau} \quad \frac{W}{F} = \frac{Lk}{Lb}$$

$\frac{W}{F}$ disebut dengan keuntungan mekanis (KM)

Kegiatan 13.1 Tuas

1. Tujuan: Menentukan persamaan KM
2. Alat dan Bahan:
   1) Statif dan klem
   2) Beban 100 gram 4 buah
   3) Benang
   4) Batang berskala dan berlubang
3. Langkah kerja:

1. Gantungkan beban 200 gram (2N) seperti gambar 1
2. Gantungkan kuasa (F) agar batang berskala setimbang
3. Pindahkan tali penggantung (penumpu) pada titik R (gambar 2). Gantilah besarnya kuasa (F) agar batang berskala tetap setimbang
4. Isikan hasil kegiatan pada tabel

No.	Beban (N)	Ib (m)	W x Ib	Kuasa/F (N)	Ik (m)	F x Ik	W/F
1.							
2.							

Informasi:

Perbandingan beban (w) dengan kuasa (F) dinamakan keuntungan mekanis (KM)

Diskusi

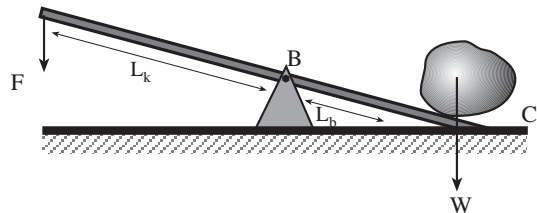
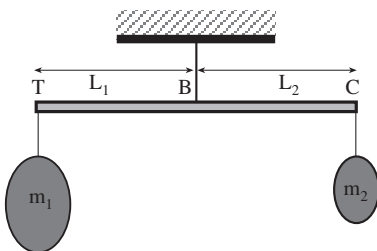
1. Bagaimanakah hasil kali w dan Ib dengan F dan Ik pada tabel di atas?
2. Bagaimanakah besarnya keuntungan mekanik bila penumpu semakin didekatkan beban?
3. Bagaimanakah besarnya kuasa (F) bila penumpu semakin didekatkan beban?
4. Buatlah kesimpulan menurut dua hal berikut!
   1. Pada tuas diperoleh persamaan : ....
   2. $KM = \frac{W}{F} = ...$

Contoh soal:

1. Sebatang bambu sepanjang 2 meter digunakan sebagai pengungkit untuk memindahkan sebongkah batu seberat 360 N. Pada bambu diletakkan penumpu yang berjarak 20 cm dari batu. Berapakah besar kuasa minimal yang harus diberikan pada ujung bambu yang lain agar batu terangkat (dapat dipindahkan).

   Penyelesaian:

   Diketahui: W = 360 N
   L = 2 m
   Lb = 20 cm = 0,2 m
   Ditanya : F = ...?
   Diketahui :
   Lk = L – Lb
   Lk = 2 – 0,2 = 1,8 m
   F x Lk = W x Lb
   F x 1,8 = 360 x 0,2
   F = 72 : 1,8 = 40 N

2.

   Perhatikan gambar di samping! Dua buah benda dengan massa m1 400 gram dan m_2 =100 gram digantung dengan batang yang massanya diabaikan. Agar sistem seimbang maka berapa panjang batang BC?

   Penyelesaian :

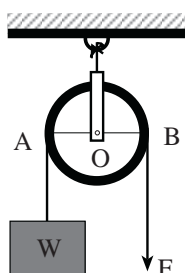
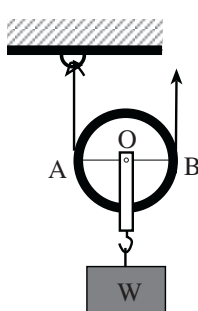
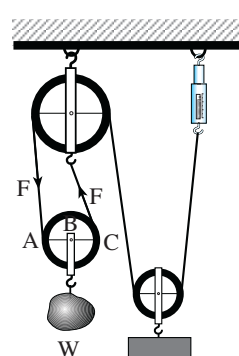
   Diketahui : m_1 = 400 gram ; m_2 =100 gram ; L_1 = 10 cm L, = 10 cm
   Ditanya : L_2 = ...?
   Jawab : $m_1 \times L_1 = m_2 \times L_2$
   $400 \times 10 = 100 \times L_2$
   $L_2 = 4000 : 100 = 40$ cm

UJI PEMAHAMAN

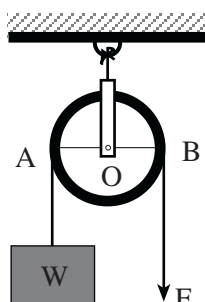
Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Dua orang anak bermain jungkat jungkit. Anak yang satu berada 75 cm di sebelah kanan penumpu dengan berat 400 N, sedangkan yang seorang lagi di sebelah kiri penumpu dengan berat 500 N. Berapa jauh anak yang di sebelah kiri penumpu agar setimbang?
2. Sebatang tongkat dari kayu yang panjangnya 4 meter digunakan untuk memindahkan beban yang beratnya 3000 N. Hitunglah:
   a. Besarnya kuasa bila penumpu 1 meter dari beban
   b. Keuntungan mekanik

B. KATROL

Pada dasarnya katrol sama dengan tuas, oleh sebab itu dapat dimungkinkan mengangkat benda-benda yang lebih berat dari kemampuan. Macam-macam katrol di antaranya katrol tetap, katrol bergerak, katrol ganda.

1. Katrol Tetap
2. Katrol bergerak
3. Katrol ganda

Gambar 13.3 Macam-macam katrol

1. Katrol Tetap

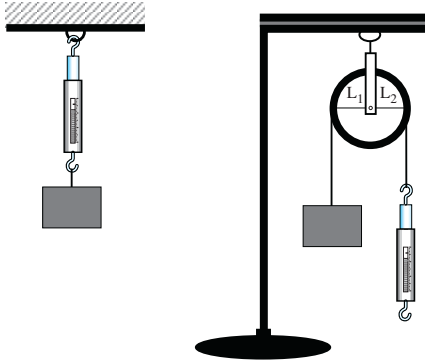
Katrol tetap adalah katrol yang kedudukannya selalu tetap di suatu tempat.

Gambar 13.4

Keterangan:

W = beban
O = penumpu
AO = lengan beban
F = kuasa
OB = lengan beban
A = titik beban
B = titik kuasa

Kegiatan 13.2 Katrol tetap

1. Tujuan : Menentukan KM dari katrol tetap
2. Alat dan bahan :
   1) statif dan klem
   2) katrol tetap
   3) benang
   4) dinamometer (neraca pegas)

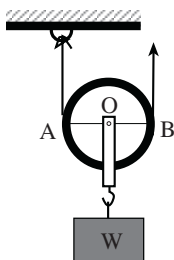
Langkah kerja:

1. Timbanglah berat beban dengan neraca pegas, seperti gambar!
2. Rangkailah alat-alat seperti gambar!
3 Catatlah besarnya kuasa yang ditunjukkan oleh neraca pegas dan masukkan hasilnya pada tabel di bawah ini!
4. Ulangi kegiatan 1 s.d 3 untuk beban-beban yang berbeda.

No.	Berat beban (w) dalam newton	Kuasa (F) (dalam newton)	W/F
1.			
2.			
3.			

Diskusi

1. Bagaimanakah besarnya kuasa (F) dan besarnya berat beban (W)?
2. Berapakah keuntungan mekanis dari katrol tetap?
3. Apakah keuntungan menggunakan katrol tetap?

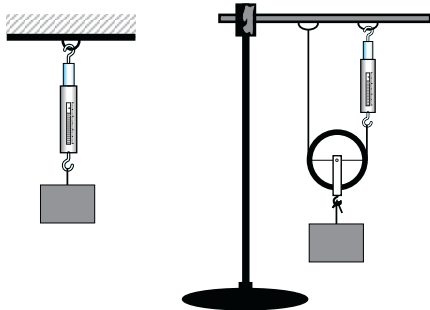
2. Katrol bergerak

Katrol bergerak adalah katrol yang bila sedang bekerja kedudukan selalu berpindah tempat mengikuti gerak beban.

Keterangan:

A = penumpu
W = beban
AO = lengan beban
F = kuasa
AB = lengan kuasa
O = titik beban
B = titik kuasa

Gambar 13.5 Katrol bergerak

Kegiatan 13.3 Katrol bergerak

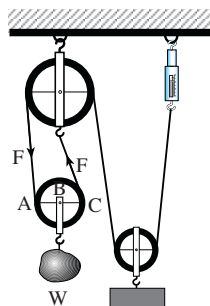
1. Tujuan : Menentukan KM dari katrol tunggal bergerak
2. Alat dan bahan :
   1) katrol bergerak
   2) beban
   3) benang
   4) statif dan klem
3. Langkah kerja:

   1) Timbanglah berat beban dengan neraca pegas, seperti gambar di samping!
   2) Rangkailah alat-alat seperti gambar!
   3) Catatlah nilai kuasa yang ditunjukkan oleh necara pegas dan hasilnya masukkan dalam tabel berikut!

No.	Berat beban (w) dalam newton	Kuasa (F) (dalam newton)	W/F
1.			
2.			
3.			

Diskusi

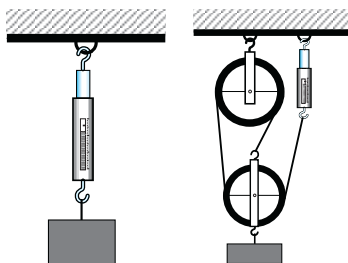
1. Bagaimanakah nilai dari kuasa (F) dan berat beban (W)?
2. Berapa nilai $\frac{W}{F_{rata-rata}}$?
3. Berapa nilai KM dari katrol tunggal bergerak?

3. Katrol Ganda

Katrol ganda adalah beberapa katrol yang dirangkai dan pada umumnya digunakan untuk mengangkat benda-benda yang berat.

Gambar 13.6 Katrol ganda

Kegiatan 13.4 Katrol Ganda

1. Tujuan : Menentukan KM dari katrol ganda
2. Alat dan bahan :
   1) katrol tetap
   2) katrol bergerak
   3) statif dan klem
   4) neraca pegas
   5) beban

Langkah kerja:

1. Timbanglah berat beban dengan neraca pegas, seperti gambar 1!
2. Rangkailah alat-alat seperti gambar 2!
3. Catatlah nilai kuasa yang ditujukan oleh neraca pegas dan hasilnya masukkan dalam tabel berikut!
4. Ulangi kegiatan 1 s.d. 3 untuk beban-beban yang berbeda!

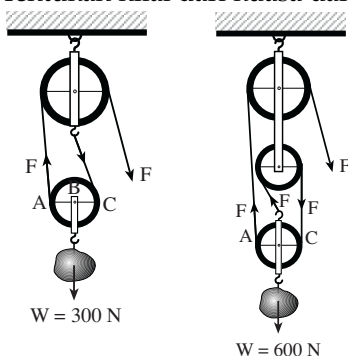
No.	Berat beban (w) dalam newton	Kuasa (F) (dalam newton)	W/F
1.			
2.			
3.			

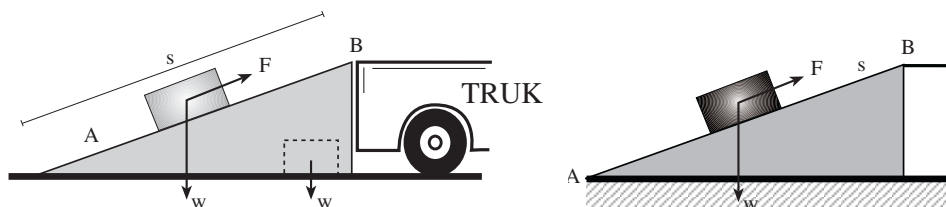
Diskusi

1. Bagaimanakah besar F dan W?
2. Berapakah rata-rata $\frac{W}{F}$?
3. Berapakah nilai KM katrol ganda tersebut?

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Tentukan nilai dari kuasa dari sistem katrol di bawah ini!

2. Hitunglah besarnya kuasa dan keuntungan mekanik pada katrol tetap yang berjari-jari 20 cm yang digunakan untuk mengangkat beban yang beratnya 100 N!
3. Sebuah katrol yang bergerak berjari-jari 25 cm digunakan untuk mengangkat beban yang beratnya 250 N. Hitunglah besarnya gaya (kuasa) yang diperlukan untuk mengangkat beban!

C. BIDANG MIRING

Gambar 13.7 Bidang Miring

Keuntungan mekanis pada bidang miring dapat dinyatakan dengan :

$$\frac{W}{F} = \frac{S}{h}$$

Keterangan :

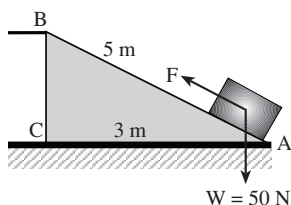
W = berat bedan

F = kuasa

S = panjang lilitan bidang miring

h = ketinggian bidang miring

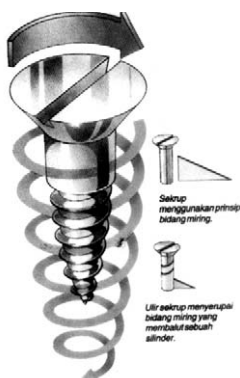
UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

Untuk memindahkan beban digunakan bidang miring. Hitunglah

a. Gaya yang diperlukan

b. Keuntungan mekanik

PENERAPAN PESAWAT SEDERHANA

Sekrup

Sekrup bergerak masuk dengan jarak tempuh lebih pendek daripada jarak tempuh putarannya. Karena itu sekrup bergerak masuk dengan gaya lebih besar daripada usaha yang dibutuhkan untuk memutarnya. Sekrup menembus kayu dengan gaya yang besar dan tertanam dengan kuat.

Sekrup menggunakan prinsip bidang miring

Ulir sekrup menyerupai bidang miring yang membalut sebuah bidang silinder.

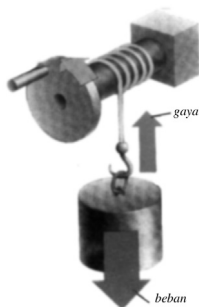
Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Gir

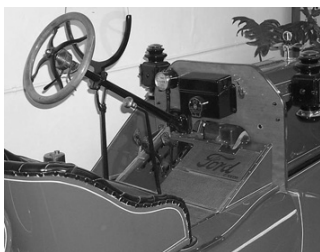
Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Gir adalah roda bergerigi. Gir biasa menambah gaya atau kecepatan, tergantung pada ukuran gir dan jumlah giginya. Gir yang digerakkan oleh gir yang lebih kecil berputar lebih lambat daripada gir yang lebih kecil tersebut, tapi gayanya lebih besar. Sedangkan gir yang digerakkan oleh gir yang lebih besar berputar lebih cepat, tapi gayanya lebih kecil.

Jam dan arloji mekanis yang dilengkapi dengan gir-gir yang memutar jarum jam dengan kecepatan yang berbeda.

Roda dan Poros

Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Beberapa jenis mesin memakai prinsip roda dan poros, misalnya derek. Engkol derek (roda) memutar sumbu (poros) sehingga beban terangkat. Engkol berputar lebih jauh daripada jarak naiknya beban. Derek mengangkat beban dengan gaya yang lebih besar daripada usaha yang dibutuhkan untuk memutar engkol.

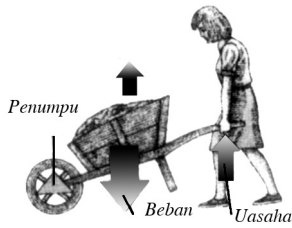
Roda Kemudi

Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Kemudi sebuah mobil merupakan contoh prinsip roda dan poros. Poros berputar dengan gaya yang lebih besar daripada usaha yang dibutuhkan untuk memutar kemudi.

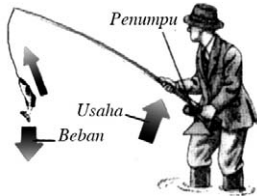
Baji

Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Baji merupakan suatu bentuk bidang miring. Tapi, baji adalah bidang miring yang mendorong beban ke samping atau ke atas ketika bergerak maju, bukan memindahkan beban lewat bidang miring. Baji didorong dengan gaya yang lebih besar daripada usaha yang dibutuhkan untuk menggerakkannya. Mata pisau yang tajam merupakan baji tipis yang mempermudah pekerjaan memotong.

Gerobag dorong

Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Gerobak dorong bekerja dengan prinsip tuas kelas dua. Beban terletak di antara usaha dan titik putar.

Joran pancing

Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Joran (batang) pancing merupakan tuas kelas tiga. Beban bergerak lebih jauh daripada usaha, tetapi gayanya lebih kecil. Usaha berada di antara beban dan titik putar.

Gunting

Sumber: Ensiklopedi Anak Jilid 5

Gunting terdiri atas dua batang tuas yang bertumpu pada engsel.

1. Pesawat sederhana adalah alat untuk memudahkan usaha.
2. Pesawat sederhana antara lain: tuas, katrol, dan bidang miring.
3. Secara umum keuntungan mekanik dari pesawat sederhana dirumuskan:

$$KM = \frac{W}{F}$$

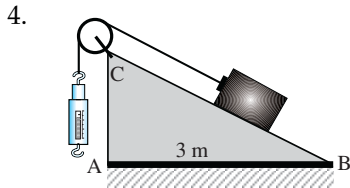
4. Pesawat sederhana tidak mengurangi besarnya usaha.

UJI KOMPETENSI

I. Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Pesawat sederhana bermanfaat untuk ....
   a. mengurangi besarnya usaha
   b. memudahkan melakukan usaha
   c. menghilangkan usaha
   d. memperbesar usaha
2. Prinsip bidang miring terdapat pada ....
   a. jalan menanjak
   b. paku
   c. linggis
   d. palu
3. Perbandingan lengan beban dan lengan kuas 3 : 5. Bila kuasa besarnya 150 N, maka beban yang dapat diangkat adalah ....
   a. 200 N c. 300 N
   b. 250 N d. 350 N
4. Keuntungan mekanik dari katrol tetap adalah ....
   a. keuntungan arah
   b. beban
   c. penggunaan tali
   d. tidak terjadi gesekan
5. Sebuah benda yang beratnya 200 N bila diangkat dengan katrol bergerak memerlukan gaya ....
   a. 50 N c. 150 N
   b. 100 N d. 200 N
6. Seorang memikul dua benda yang massanya masing – masing 2 kg dan 3 kg meng-gunakan tongkat ringan yang panjangnya 1 meter. Agar kedua benda setimbang maka batang ditumpu pada pundak jaraknya ....
   a. 40 cm dari benda 2 kg
   b. 20 cm dari benda 3 kg
   c. 60 cm dari benda 3 kg
   d. 60 cm dari benda 2 kg
7. Dari gambar di samping, jika g = 10 m/s^2 maka agar beban dapat terangkat diperlukan kuasa sebesar ....
   a. 10 N
   b. 1 N
   c. 15 N
   d. 30 N
8. Benda yang beratnya 20.000 N dinaikkan melalui bidang miring setinggi 80 cm. Jika panjang bidang miring 1,6 meter, maka diperlukan kuasa minimal sebesar ....
   a. 40.000 N
   b. 30.000 N
   c. 20.000 N
   d. 10.000 N
9. Untuk dapat mengangkat benda sebesar 40 N menggunakan katrol tunggal bergerak, diperlukan kuasa minimal sebesar ....
   a. 20 N
   b. 80 N
   c. 10 N
   d. 40 N
10. Jika panjang bidang miring = S dan tinggi bidang miring = h, maka keuntungan mekanis bidang miring tersebut sebesar ....
    a. S x h
    b. S + h
    c. S : h
    d. S – h

II. Kerjakan soal di bawah ini !

1. Batang bambu yang panjangnya 3 meter digunakan untuk mengungkit. Jika beban 500 N dapat diangkat dengan gaya 100 N, hitunglah panjang lengan beban dan panjang lengan kuasa!
2. Berapakah angka yang ditunjukkan oleh neraca pegas bila berat katrol 20 N?
3. Suatu benda yang massanya 600 kg dipindahkan ke tempat yang tingginya 8 m menggunakan bidang miring yang panjangnya 12 m. Percepatan gravitasi tempat tersebut 10 m/s^2, hitunglah:
   a. besarnya gaya.
   b. keuntungan mekanik
4.

   Gambar di samping adalah sebuah benda dengan berat 100 N diletakkan pada bidang miring licin ABC dan diikat tali melalui katrol serta pada ujung tali dihubungkan dengan neraca pegas. Jika panjang AB = 8 m dan BC = 10 m, maka berapakah angka yang ditunjukkan oleh neraca pegas?
5.

   Perhatikan gambar di samping AC adalah batang homogen yang beratnya 200 N ditumpu di titik A dan B (B adalah engsel). Titik berat batang di tengah-tengah batang. Panjang AC = 2 meter dan BC = 80 cm. Seorang anak yang massanya 50 kg berlari dari A ke C. Jika g = 10 m/s^2 maka pada jarak berapakah di C posisi anak tersebut pada saat ujung batang A terangkat?

BAB 14

TEKANAN PADA BENDA PADAT, CAIR, DAN GAS

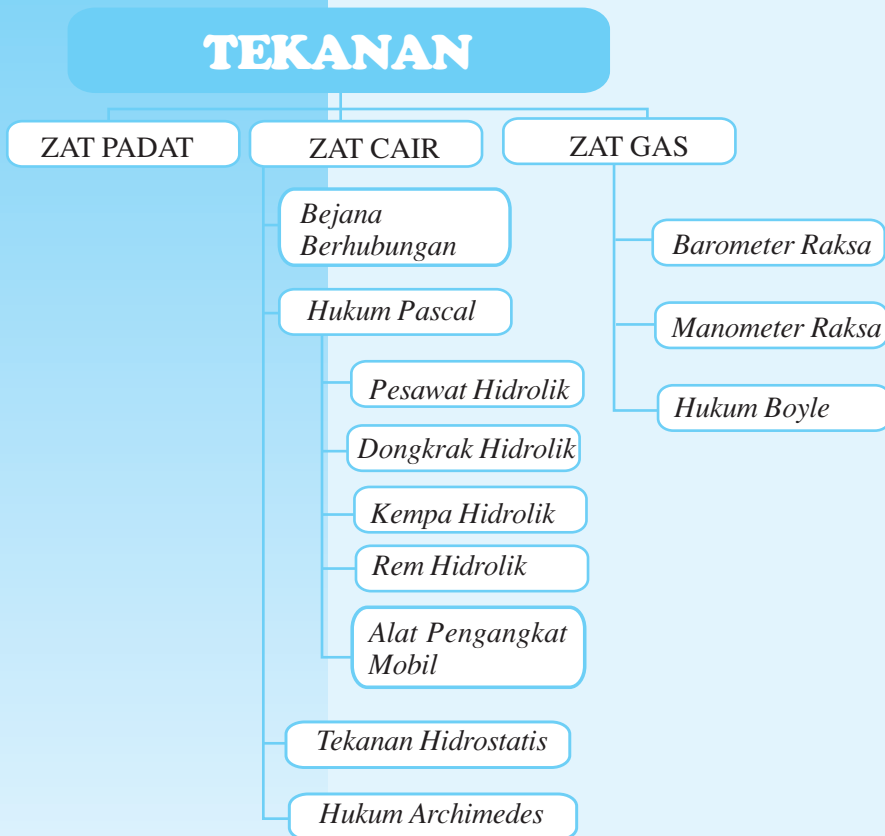
Standar Kompetensi:

Memahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari.

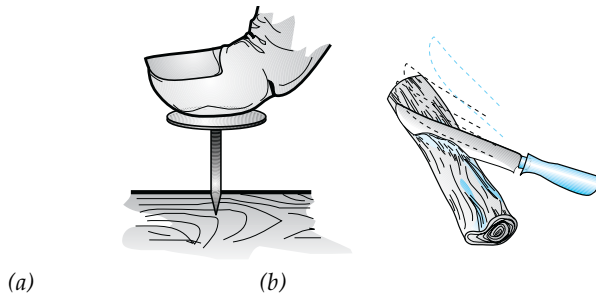
Kompetensi Dasar:

Menyelidiki tekanan pada benda padat, cair, dan gas serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

TEKANAN

- ZAT PADAT
- ZAT CAIR
  - *Bejana Berhubungan*
  - *Hukum Pascal*
    - *Pesawat Hidrolik*
    - *Dongkrak Hidrolik*
    - *Kempa Hidrolik*
    - *Rem Hidrolik*
    - *Alat Pengangkat Mobil*
  - *Tekanan Hidrostatis*
  - *Hukum Archimedes*
- ZAT GAS
  - *Barometer Raksa*
  - *Manometer Raksa*
  - *Hukum Boyle*

Dalam kehidupan sehari-hari, kalian sering mendengar kata tekanan. Atau kalian pernah mengadakan tekanan pada suatu benda dalam melakukan suatu usaha.

Perhatikan gambar di bawah ini.

(a) (b)

Gambar 14.1

Keterangan :

Gambar 14.1 (a) : Dengan menggunakan paku payung yang ujungnya runcing ternyata lebih mudah kita tancapkan pada suatu batang dibanding jika kita menggunakan paku payung yang ujungnya tumpul.

Gambar 14.1 (b) : Dengan menggunakan pisau tajam ternyata lebih mudah dipergunakan memotong dibanding menggunakan pisau yang tumpul.

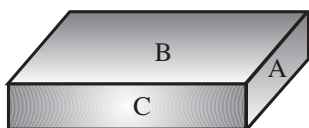
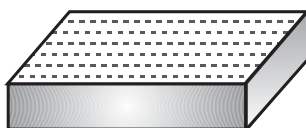
Beberapa peristiwa dalam kehidupan sehari-hari di atas terkait dengan konsep tekanan.

A. TEKANAN

Apa tekanan itu? Untuk menjawabnya lakukan kegiatan berikut!

Kegiatan 14.1 Tekanan

1. Tujuan Percobaan : Mengetahui hubungan tekanan dan luas penampang.
2. Alat dan Bahan :

No.	Alat dan Bahan	Jumlah
1.	balok besi	1 buah
2.	tepung terigu	secukupnya
3.	bak tempat tepung terigu	1 buah

Balok besi

Tepung terigu dalam bak

3. Langkah-langkah percobaan:
   a. Letakkan balok besi pada tepung terigu dengan posisi permukaan penampang A di bawah.
   b. Setelah beberapa saat balok besi berada pada tepung terigu, kemudian ambil dan perhatikan kedalaman bekas balok besi yang masuk ke dalam tepung.
   c. Letakkan lagi balok besi pada tepung terigu pada tempat di dekat tempat semula dengan posisi permukaan penampang C di bawah.
   d. Setelah beberapa saat balok besi berada pada tepung terigu, kemudian ambil dan perhatikan kedalaman bekas balok besi yang masuk ke dalam tepung.

Informasi

Bekas kedalaman balok besi pada tepung terigu terjadi karena adanya tekanan yang dihasilkan oleh balok besi. Makin dalam bekas yang dihasilkan oleh balok besi berarti makin besar tekanan yang dihasilkan oleh balok besi tersebut.

Diskusi

1. Bandingkan tekanan yang dihasilkan oleh balok besi pada tepung terigu pada kegiatan (b) dan kegiatan (d)! Beri penjelasan!
2. Bagaimanakah besarnya tekanan yang dihasilkan bila luas bidang tekan semakin kecil?
3. Bagaimanakah hubungan antara luas bidang tekan dan tekanan?

Kegiatan 14.2 Tekanan

1. Tujuan Percobaan : Mengetahui hubungan antara tekanan dan gaya tekan.
2. Alat dan Bahan :

No.	Alat dan Bahan	Jumlah
1.	kubus besi	1 buah
2.	kubus aluminium	1 buah
3.	kubus kayu	1 buah
4.	neraca pegas	1 buah
5.	tepung terigu	secukupnya
6.	bak tempat tepung terigu	1 buah

Catatan : *Ambil kubus besi, aluminium, dan kayu dari kubus materi sehingga ukurannya sama.*

3. Langkah-langkah percobaan:
   1) Timbanglah berat kubus besi, aluminium, dan kayu dengan neraca pegas dan catatlah hasilnya.

   W_{besi} = ... N

   $W_{aluminium}$ = ... N

   W_{kayu} = ... N

2) Letakkan masing-masing kubus besi, aluminium dan kayu pada tepung terigu dan setelah beberapa saat ambil ketiga kubus tersebut dan amati kedalaman bekasnya pada tepung terigu tersebut.

Informasi:

Berat masing-masing kubus menyatakan gaya tekan dari masing-masing kubus. Semakin berat kubus berarti semakin besar gaya tekannya.

Diskusi:

a. Kubus manakah yang menyebabkan bekas terdalam? Dan berapa berat kubus tersebut?
b. Kubus manakah yang menyebabkan bekas terdangkal? Dan berapa berat kubus tersebut?
c. Bagaimanakah besarnya tekanan bila gaya berat atau gaya tekan makin besar?
d. Bagaimanakah besarnya tekanan bila gaya berat atau gaya tekan makin kecil?
e. Bagaimanakah hubungan antara tekanan dengan gaya tekan?

Buatlah kesimpulan dengan langkah seperti berikut (tulis di kertas lain)!

Dari dua kegiatan di atas dapat disimpulkan besar tekanan:

1. Sebanding dengan ....
2. Berbanding terbalik dengan ....

Tekanan didefinisikan sebagai perbandingan gaya tekan dan luas penampang bidang tekan. Secara matematis dinyatakan dengan persamaan :

$$P = \frac{F}{A}$$

F = gaya tekan/gaya berat (N, dyne)

A = luas bidang tekan (m^2, cm^2)

P = tekanan (N/m^2, $dyne/cm^2$)

Satuan tekanan yang lain adalah Pascal (Pa) dan 1 Pa = 1 N/m^2

Contoh soal:

1. Benda seberat 10 N dengan luas 100 cm^2 diletakkan di atas lantai. Berapa tekanan yang diterima lantai?

   Penyelesaian :

   Diketahui : F = 10 N

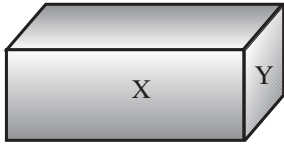
   A = 100 cm^2 = 0,01 m^2

   Ditanya : P =?

   Jawab :

   $$P = \frac{F}{A}$$

   $$= \frac{10}{0,01} = 1000\ N/m^2$$

2. Sebuah balok kayu tampak seperti pada gambar!

Luas X = 2 kali luas Y

Berapa kali besar tekanan yang dihasilkan X terhadap Y?

Penyelesaian :

Diketahui : $A_X = 2A_Y$

Ditanya : $P_X = \ldots\ldots P_Y$

Jawab :

$F_X = F_Y$

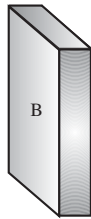
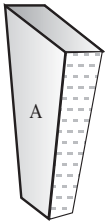
$P_X \cdot A_X = P_Y \cdot A_X$

$P_X \cdot 2A_Y = P_Y \cdot A_Y$

$P_X = \frac{1}{2} P_Y$

Tekanan yang dihasilkan luas X besarnya $\frac{1}{2}$ kali tekanan yang dihasilkan luas Y.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar!

1. Dua buah benda yang massanya sama diletakkan dengan posisi seperti gambar.

   Manakah yang menghasilkan tekanan yang besar!

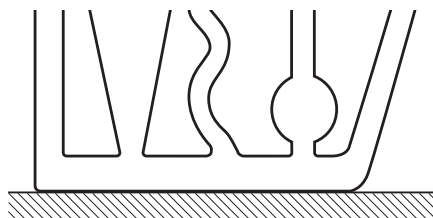
   Berilah penjelasan!

2. Paku yang luas penampangnya 2 mm^2 akan ditancapkan ke papan kayu. Bila paku dipukul dengan gaya 0,5 N, berapa tekanan yang diterima papan kayu?

B. BEJANA BERHUBUNGAN

Beberapa alat berikut ini sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, antara lain :

Gambar14.2 Contoh peralatan rumah tangga yang termasuk bejana

Kesemuanya termasuk bejana berhubungan. Sedangkan bejana berhubungan yang ada di laboratorium berbentuk seperti berikut.

Gambar14.3 Bejana berhubungan

Apakah bejana berhubungan itu?

Bejana berhubungan adalah beberapa bejana yang dihubungkan satu dengan yang lainnya.

Bila bejana berhubungan itu kita isi dengan zat cair yang sama, bagaimanakah bentuk permukaan zat cair dalam tiap-tiap bejana? Untuk menjawabnya lakukan kegiatan berikut.

Kegiatan 14.3 Permukaan Air pada Bejana Berhubungan

Langkah kerja:

1. Siapkan sebuah bejana berhubungan!
2. Isikan air ke dalam bejana berhubungan melalui salah satu mulut bejana!
3. Letakkan bejana berhubungan tersebut pada tempat mendatar. Amati permukaan air di tiap-tiap bejana!
4. Miringkan posisi bejana berhubungan dan amati permukaan air di tiap-tiap bejana!

Diskusi:

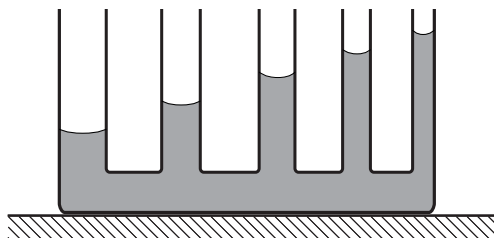
1. Bagaimanakah permukaan air dalam tiap-tiap bejana pada langkah ke -3?
2. Bagaimana pula permukaan air pada langkah ke-4?
3. Bagaimanakah permukaan zat cair dalam tiap-tiap bejana jika :
   1) Salah satu mulut bejana berhubungan disumbat kemudian diisi dengan air melalui mulut bejana yang lain?
   2) Setelah diisi air kemudian bejana berhubungan digoyang-goyang?
   3) Diisi dengan air dan minyak?
   4) Salah satu bejana berupa pipa kapiler?

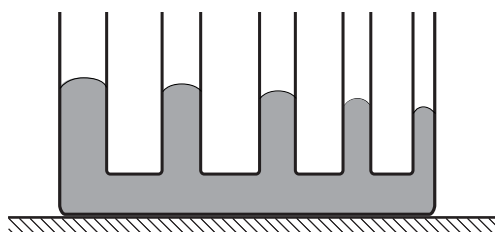
Berdasarkan hasil percobaan yang kamu lakukan ternyata kedudukan permukaan air itu selalu mendatar. Gejala ini disimpulkan sebagai hukum bejana berhubungan yang berbunyi :

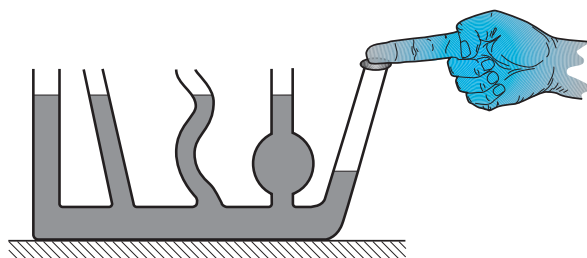
"*Bila bejana berhubungan diisi dengan zat cair yang sejenis dan dalam keadaan setimbang maka permukaan zat cair dalam tiap-tiap bejana terletak pada satu bidang datar*"

Pada kondisi tertentu, permukaan zat cair dalam bejana berhubungan tidak terletak pada satu bidang datar jika :

1. Bejana berhubungan diisi dengan zat cair yang tidak sejenis.
2. Zat cair dalam bejana berhubungan dalam keadaan bergerak.
3. Terdapat pipa kapiler.

   Permukaan air dalam bejana berhubungan

Gambar14.4
Tinggi air dalam pipa kapiler

Permukaan raksa dalam bejana berhubungan.

Gambar14.5 Tinggi raksa dalam pipa kapiler

4. Tekanan udara di tiap-tiap bejana tidak sama.

Gambar14.6 Pengaruh tekanan udara terhadap permukaan air

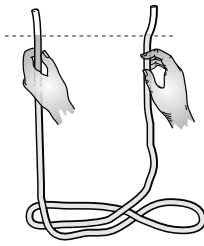
Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita jumpai alat-alat yang menggunakan prinsip hukum bejana berhubungan, antara lain :

1. Pembuatan Teko atau Cerek

Gambar 14.7 Teko

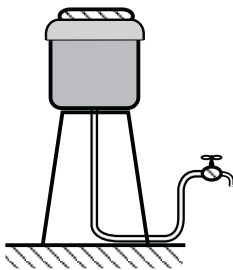
Pancuran teko tidak boleh lebih rendah dari posisi tempat untuk tutupnya.

2. Penyipat datar

Alat ini dipakai oleh pekerja bangunan untuk menyamakan ketinggian dengan mengamati tinggi air dalam selang dan tinggi air harus terletak pada satu bidang datar.

Gambar 14.8 Penyipat datar

3. Waterpas

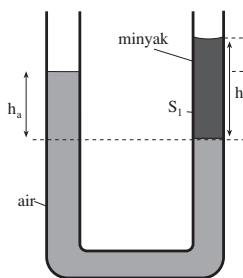
Waterpas dipakai oleh tukang batu untuk memasang ubin agar benar-benar mendatar.

4. Tangki penampungan air

Karena permukaan air selalu mendatar, maka bila kran dibuka air akan mengalir.

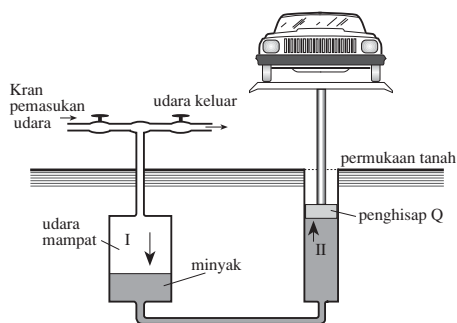
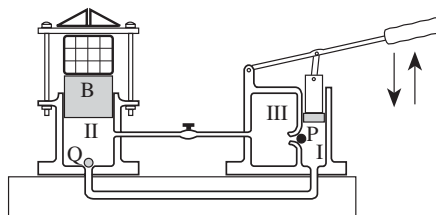
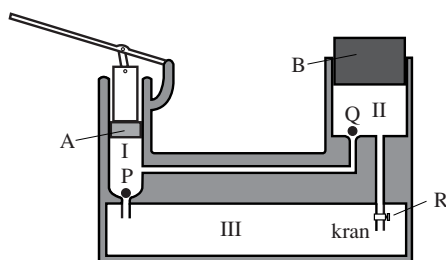
Gambar 14.9 Tangki penampungan air

5. Air dalam Dam/Waduk

Agar dapat mengairi sawah tanpa alat bantu maka ketinggian air dalam dam harus lebih tinggi daripada air di persawahan. Hal tersebut karena sifat permukaan air cenderung mendatar.

6. Pipa-U

Bila ke dalam pipa-U diisi dengan zat cair tidak sejenis dan tidak saling melarutkan, misalnya air dan minyak maka permukaan minyak akan lebih tinggi dari pada permukaan air.

Gambar 14.10
Permukaan air dan minyak dalam pipa–U

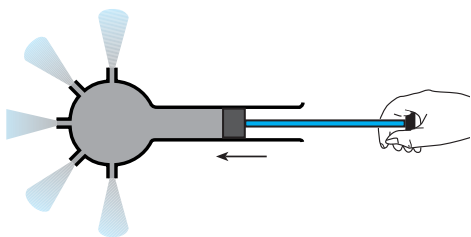
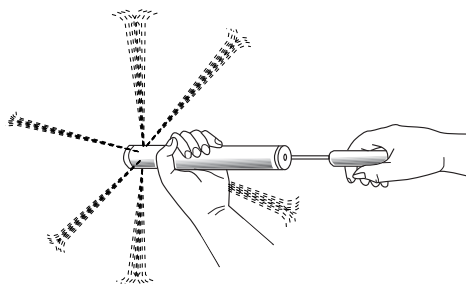
C. HUKUM PASCAL

Gambar 14.11
Gambar alat pengangkat mobil

Gambar 14.12
Kempa hidrolik

Gambar 14.13 Dongkrak hidrolik

Alat-alat yang tampak pada gambar di atas sangat berguna bagi manusia karena dapat mempermudah melakukan pekerjaan misal alat pengangkat mobil untuk mempermudah melakukan kontrol dan perbaikan pada bagian bawah mobil, dongkrak hidrolik untuk mengangkat mobil yang tidak terlalu tinggi dan biasanya dipakai saat mengganti ban, serta kempa hidrolik yang dipakai untuk menumbuk biji-bijian yang diambil minyaknya, dapat pula dipakai untuk mencetak plat logam menjadi alat-alat seperti panci, asbak, piring dan masih banyak lagi.

Dasar kerja dari ketiga alat tersebut adalah menggunakan tekanan zat cair. Ilmuwan yang mengenalkan pertama kali adalah Blaise Pascal dan hasil temuannya tersebut dinamakan Hukum Pascal.

Bagaimanakah hukum Pascal itu? Ikutilah kegiatan berikut!

Kegiatan 14.4 Hukum Pascal

1. Sediakan pompa pascal bila ada atau sepotong bambu yang salah satu ujungnya ditutup rapat dan disekitar ujung yang tertutup diberi beberapa lubang serta dilengkapi dengan penghisap.

Gambar 14.14 Pompa Pascal

Gambar 14.15 Bambu Pascal

2. Bila tidak ada gunakan kantong plastik dan tusuklah di beberapa tempat dengan jarum.

   Isi dengan air secukupnya. Kemudian dorong penghisap pada pompa atau bambu atau peraslah kantong plastik secara perlahan-lahan. Amati kekuatan pancaran air yang keluar dari lubang.

Informasi

Dorongan pada penghisap atau perasan pada kantong plastik berarti kita memberikan tekanan pada air.

Diskusi

1. Mengapa air dapat memancar?
2. Darimanakah tekanan yang diperoleh air?
3. Kemanakah arah pancaran air?
4. Bagaimanakah kekuatan pencaran air pada tiap-tiap lubang?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan maka dapat disimpulkan bahwa apabila air diberi tekanan maka tekanan tersebut akan diteruskan oleh air ke segala arah yang sama besar. Kesimpulan itulah yang dikenal dengan **Hukum Pascal**.

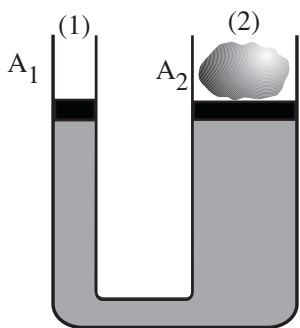
Untuk lebih jelasnya bunyi hukum Pascal adalah sebagai berikut:

"*Tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan sama besar* "

Hukum Pascal diterapkan pada pembuatan mesin hidrolik yang menghasilkan gaya yang besar dari gaya yang kecil, sehingga alat tersebut mampu mengangkat beban yang berat dengan gaya yang jauh lebih kecil.

Bagaimana hal itu dapat terjadi? Ikuti penjelasan berikut.

Perhatikan gambar pesawat hidrolik berikut.

Sebuah tabung kecil (1) dihubungkan dengan sebuah tabung besar (2) yang di dalamnya berisi zat cair. Kedua tabung dilengkapi dengan piston/penghisap dengan luas A_1 dan A_2. Jika pada penghisap dengan luas A_1 diberi gaya F_1, maka pada tabung 1 akan timbul tekanan P_1.

Menurut Pascal, tekanan P_1 akan diteruskan ke segala arah sehingga piston ditabung besar bergerak ke atas karena memperoleh tekanan dari tabung kecil. Tekanan yang ada pada tabung besar (P_2) besarnya sama dengan tekanan di tabung kecil.

Gambar 14.16 Pesawat hidrolik

Jadi, tekanan di tabung 1 = tekanan di tabung 2

$$P_1 = P_2$$

Karena $P = \frac{F}{A}$, maka :

$$\boxed{\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}}$$

Keterangan:

F_1 = gaya pada piston kecil (N, dyne)

F_2 = gaya pada piston besar (N, dyne)

A_1 = luas piston kecil (m^2, cm^2)

A_2 = luas piston besar (m^2, cm^2)

Contoh soal :

1. Mobil yang beratnya 5000 N diletakkan di atas piston besar yang mempunyai luas 250 cm^2. Berapa gaya minimal yang harus diberikan pada piston kecil yang memiliki luas 5 cm^2 agar mobil dapat terangkat?

   Penyelesaian:

   Diketahui : F_2 = 5000 N

   A_2 = 250 cm^2

   A_1 = 5 cm^2

   Ditanya : F_1 = ...?

   Jawab :

   $$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

   $$F_1 = \frac{F_2}{A_2} \times A_1$$

   $$= \frac{5000 \text{ N}}{250 \text{ cm}^2} \times 5 \text{ cm}^2$$

   $$F_1 = 1000 \text{ N}$$

2. Sebuah dongkrak hidrolik memiliki penghisap dengan diameter masing-masing 2 cm dan 4 cm. Bila gaya 10 N diberikan pada piston kecil, berapa gaya yang dihasilkan piston besar?

Penyelesaian:

Diketahui : $d_1 = 2$ cm

$d_2 = 4$ cm

$F_1 = 10$ N

Ditanya : $F_2 = ...?$

Jawab :

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2$$

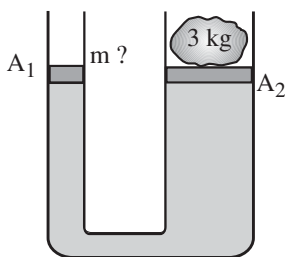
$$= \frac{F_1}{\frac{1}{4}\pi d_1^2} \times \frac{1}{4}\pi d_2^2$$

$$= \frac{F_1}{d_1^2} \times d_2^2$$

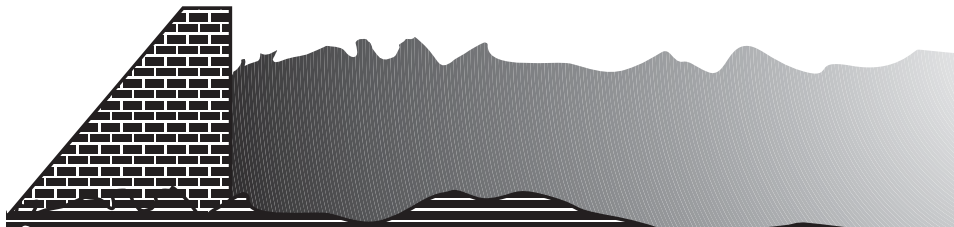
$$= \frac{10 \text{ N}}{2^2 \text{ cm}^2} \times 4^2 \text{ cm}^2$$

$$= 40 \text{ N}$$

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal brikut dengan benar!

Pesawat hidrolik seperti gambar!

Jika perbandingan A_2 dan A_1 besarnya 1 : 6, berapa m?

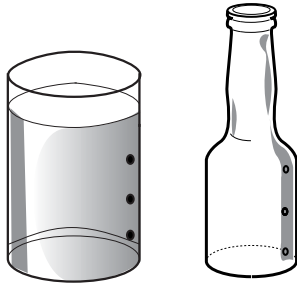
D. TEKANAN HIDROSTATIS

Gambar 14.17 Tembok Bendungan

Di antara kalian tentu ada yang bertanya, mengapa tembok bendungan atau selokan dibuat tebal pada bagian bawah?

Hal tersebut berkaitan dengan adanya tekanan yang ditimbulkan oleh zat cair.

Agar lebih jelas lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan 14.5 Tekanan Hidrostatis

1. Siapkan sebuah kaleng bekas atau botol air mineral yang sudah diberi lubang seperti pada gambar berikut.

2. Isilah kaleng atau botol dengan air sampai penuh, namun terlebih dahulu tutuplah lubang tersebut agar air tidak keluar!
3. Setelah penuh dengan air, bukalah tutup lubang dan amati pancaran air yang keluar dari tiap-tiap lubang!

Informasi

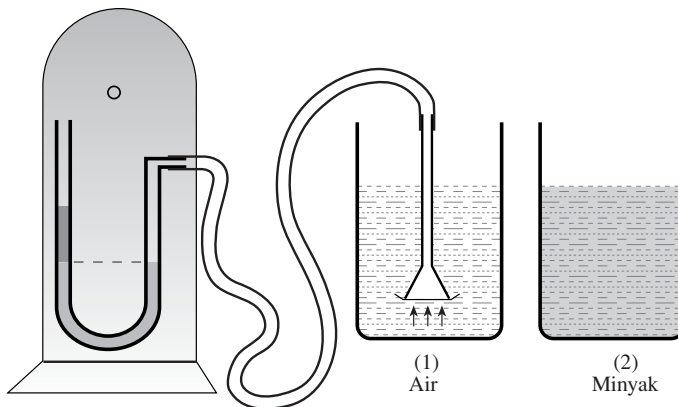
Makin jauh jarak pancaran air berarti tekanan hidrostatisnya makin besar.

Diskusi

1. Bagaimanakah jarak pancaran air yang keluar dari ketiga lubang?
2. Manakah lubang yang menghasilkan pancaran air paling jauh?
3. Bila diukur dari atas ke bawah, lubang manakah yang paling dalam?
4. Makin dalam, pancaran air makin .... berarti tekanannya makin ......

   Dengan demikian maka makin dalam, tekanannya makin ....

Dari hasil diskusi yang kamu lakukan, dapatkah kamu menjawab pertanyaan, mengapa tembok bendungan dibuat tebal pada bagian bawah?

Besarnya tekanan dalam zat cair dapat diselidiki dengan alat Hartl seperti gambar berikut.

Gambar 14.18 Alat Hartl

Corong dimasukkan ke dalam zat cair. Besar kecilnya tekanan dalam zat cair dapat diketahui cukup dengan mengamati selisih tinggi permukaan zat cair dalam pipa U. Semakin besar selisih tinggi permukaan zat cair, makin besar tekanan dalam zat cair. Bagaimanakah besarnya

tekanan hidrostatis pada beberapa tempat yang mempunyai kedalaman yang sama? Tentunya tekanan hidrostatisnya juga akan sama besar. Pernyataan di atas dikenal dengan **Hukum Hidrostatis**, yang bunyinya:

"*Tekanan hidrostatis pada titik-titik yang terletak pada satu bidang datar adalah sama besar*".

Secara matematis besarnya tekanan hidrostatis dihitung dengan rumus:

$P = \rho \cdot g \cdot h$ atau $P = s \cdot h$

Keterangan :

P = Tekanan hidrostatis (N/m^2)

ρ = massa jenis (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

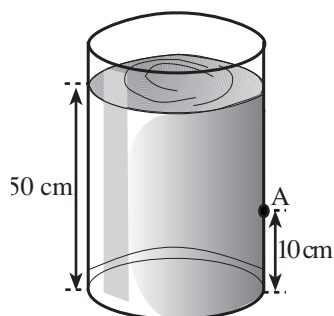
h = kedalaman (m)

s = berat jenis (N/m^3)

Dari rumus tersebut maka dapat dikatakan bahwa tekanan hidrostatis:

1. sebanding dengan kedalaman
2. sebanding dengan massa jenis

Contoh soal :

1. Sebuah bejana berisi air setinggi 50 cm tampak seperti pada gambar berikut.

Berapakah tekanan hidrostatis di titik A?

$g = 10\ m/s^2$

$\rho = 1000\ kg/m^3$

Penyelesaian:

Diketahui : h_A = 50 cm-10 cm = 40 cm = 0,4 m

$g = 10\ m/s^2$

$\rho = 1000\ kg/m^3$

Ditanya : PA = ...?

Jawab:

$PA = \rho \cdot g \cdot h_A$

$= 1000 \cdot 10 \cdot 0{,}4$

$= 4000\ N/m^2$

2. Sebuah bak berisi air setinggi 1,5 meter. Massa jenis air 1000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi 10 m/s^2. Berapakah tekanan hidrostatis pada dasar bak?

Penyelesaian:

Diketahui : h = 1,5 m

$\rho = 1000\ kg/m^3$

$g = 10\ m/s^2$

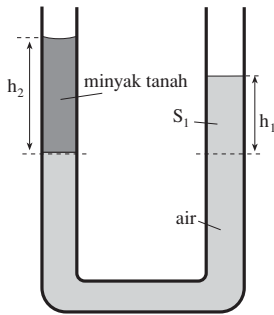
Ditanya : P = ..?

Jawab:

$P = \rho \,.\, g \,.\, h$

$= 1000 \,.\, 10 \,.\, 1{,}5$

$= 15.000\ N/m^2$

3. Sebuah pipa U mula-mula diisi dengan air, kemudian pada salah satu kaki dituang minyak seperti pada gambar.

Tinggi minyak 10 cm. Selisih tinggi permukaan air 8 cm. $\rho_{air} = 1\ g/cm^3$

Berapakah ρ_{minyak}?

Penyelesaian :

Diketahui : hm = 10 cm

ha = 8 cm

$\rho a = 1\ g/cm^3$

Ditanya : $\rho m = ...?$

Jawab:

$Pa = Pm$

$\rho a \,.\, g \,.\, ha = \rho m \,.\, g \,.\, hm$

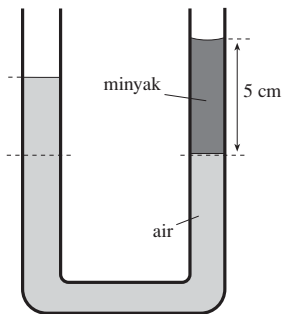
$\rho a \,.\, ha = \rho m \,.\, hm$

$1 \,.\, 8 = \rho m \,.\, 10$

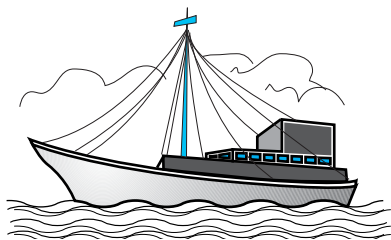
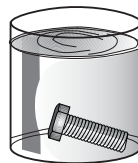
$\rho m = \frac{8}{10} = 0{,}8\ g/cm^3$

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Bak air dengan kedalaman 1 meter berisi 75 % air. Massa jenis air 1000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi 10 m/s^2. Berapakah tekanan hidrostatik didasar bak?
2.

Pipa U berisi air dan minyak seperti gambar.

Berapakah selisih tinggi permukaan air? $\rho a = 1\ g/cm^3$ dan $\rho m = 0{,}8\ g/cm^3$

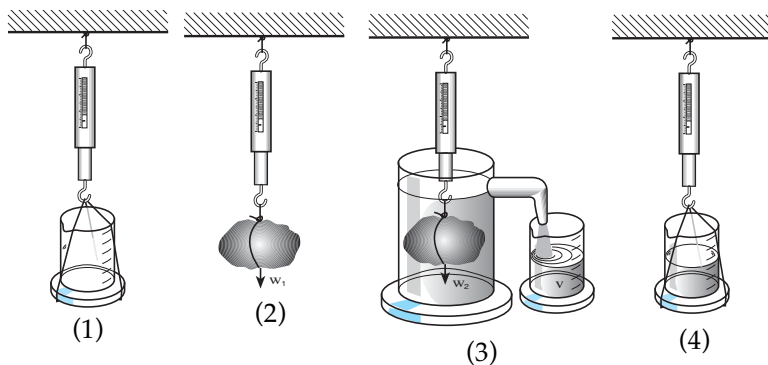
E. HUKUM ARCHIMEDES

Gambar 14.19 Kapal laut

Gambar 14.20 Baut tenggelam

Dengan mengamati gambar di atas, tentu ada pertanyaan yang terbersit dalam benakmu, mengapa kapal yang terbuat dari logam dapat terapung? Sedangkan sebuah baut yang juga dari logam ternyata tenggelam. Mengapa demikian?

Contoh lain yang berhubungan dengan peristiwa di atas adalah saat kamu menggendong temanmu di darat dan di dalam air. Bagaimana rasanya? Manakah yang lebih berat, menggendong di dalam air atau di darat? Mengapa? Untuk menjawab pertanyaan itu lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan 14.6 Hukum Archimedes

Langkah kerja:

1. Siapkan sebongkah logam atau batu, tali secukupnya, neraca pegas, gelas berpancuran dan gelas kimia masing-masing satu buah.
2. Ikatlah benda itu dengan tali dan timbanglah dengan neraca pegas (gambar 1). Catat hasilnya dalam tabel!
3. Timbanglah gelas kimia dengan neraca pegas (gambar 2). Catat hasilnya dalam tabel.

4. Isilah gelas berpancuran dengan air sampai permukaan air sejajar dengan mulut pancuran dan tempatkan gelas kimia di bawah pancuran (gambar 3)!
5. Timbanglah benda yang tergantung pada neraca pegas itu kemudian masukkan ke dalam gelas berpancuran! Catat berat benda ketika dalam air dan masukkan ke dalam tabel!

6. Timbanglah gelas kimia yang berisi tumpahan air (gambar 4), dan catat beratnya dalam tabel.

Tabel Pengamatan (salin dan kerjakan di kertas lain)

Berat benda di udara (W)	Berat benda di dalam air (W_S)	Berat gelas kimia kosong (W_G)	Berat gelas kimia berisi air (W_{GA})	Berat air ($W_A = W_{GA}-W_G$)	$W-W_S$
....	....	....	....	....	....

Diskusi

1. Bagaimanakah berat benda dalam air dibanding dengan berat benda di udara?
2. Bagaimanakah selisih berat benda di udara dengan di dalam air ($W - W_S$) dibanding dengan berat air (W_A)?
3. Bagaimanakah besarnya gaya ke atas (Fa) dengan ($W - W_S$)?

Informasi

Selisih antara berat benda di udara dengan berat benda di dalam air (W – WS) karena adanya gaya angkat atau gaya apung atau gaya ke atas yang ditimbulkan oleh air akibat adanya benda yang dicelupkan ke dalam air. Selanjutnya gaya ke atas/gaya angkat/gaya apung diberi simbol Fa.

Sedangkan berat air yang berada dalam gelas merupakan berat air yang didesak oleh benda yang dicelupkan ke dalam air dan besarnya sama dengan gaya ke atas.

Jawaban dari pertanyaan no. 2 dan no. 3 itulah yang ditemukan oleh **Archimedes** dan dikenal dengan *Hukum Archimedes*, yang berbunyi :

"*Benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mendapat gaya ke atas oleh zat cair yang besarnya sama dengan berat zat cair yang didesak oleh benda itu*".

Jadi, telah jelas bahwa berat benda seakan berkurang bila benda dimasukkan ke dalam air. Hal itu karena adanya gaya ke atas yang ditimbulkan oleh air dan diterima benda. Dengan demikian maka resultan gaya antara gaya berat dengan gaya ke atas merupakan berat benda dalam air. Selanjutnya berat disebut dengan berat semu yaitu berat benda tidak sebenarnya karena benda berada dalam zat cair. Benda dalam air diberi simbol W_S.

Hubungan antara berat benda di udara (W), gaya ke atas (Fa) dan berat semu (W_s) adalah :

$$W_s = W - Fa \quad \text{atau} \quad Fa = W - W_s$$

Sedangkan menurut Archimedes bahwa gaya ke atas besarnya sama dengan berat zat cair yang didesak sehingga:

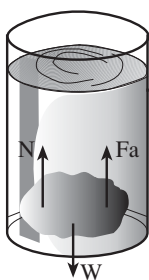
$Fa = W_{ZC}$

$$Fa = V_{zc} \cdot \rho_{zc} \cdot g$$

Keterangan : Fa = gaya ke atas (N, dyne)
V_{ZC} = volum zat cair yang didesak (m^3, cm^3)
ρ_{ZC} = massa jenis zat cair (kg/m^3, g/cm^3)
g = percepatan gravitasi (m/s^2, cm/s^2)

Bila benda dicelupkan ke dalam zat cair, maka ada 3 kemungkinan yang terjadi yaitu tenggelam, melayang, dan terapung.

1. Tenggelam

Benda disebut tenggelam dalam zat cair apabila posisi benda selalu terletak pada dasar tempat zat cair berada.

Pada benda tenggelam terdapat tiga gaya yaitu :
W = gaya berat benda
Fa = gaya archimedes
N = gaya normal bidang

Gambar 14.21 (a) benda tenggelam

Dalam keadaan seimbang maka W = N + Fa.

sehingga: $W > Fa$

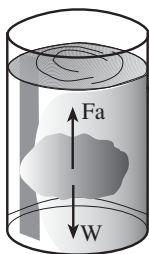
$m \cdot g > \rho_{ZC} \cdot V_b \cdot g$

$\rho_b \cdot V_b \cdot g > \rho_{ZC} \cdot V_b \cdot g$

$$\rho_b > \rho_{zc}$$

ρ_b = massa jenis benda
ρ_{ZC} = massa jenis zat cair

2. Melayang

Benda melayang dalam zat cair apabila posisi benda di bawah permukaan zat cair dan di atas dasar tempat zat cair berada.

Pada benda melayang terdapat dua gaya yaitu: Fa dan W.
Dalam keadaan seimbang maka :

$W = Fa$

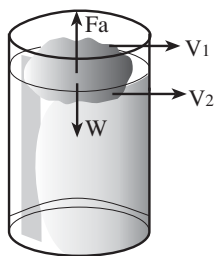
$\rho_b \cdot V_b \cdot g = \rho_{ZC} \cdot V_b \cdot g$

$$\rho_b = \rho_{zc}$$

Gambar 14.21 (b) benda melayang

3. Terapung

Benda terapung dalam zat cair apabila posisi benda sebagian muncul dipermukaan zat cair dan sebagian terbenam dalam zat cair.

Gambar 14.21 (c) benda terapung

Pada benda terapung terdapat dua gaya yaitu :Fa dan W.

Dalam keadaan seimbang maka :

$W = Fa$

$\rho_b \cdot Vb \cdot g = \rho_{ZC} \cdot V_2 \cdot g$

$\rho_b \cdot Vb = \rho_{ZC} \cdot V_2$

karena $V_b > V_2$ maka: $\boxed{\rho_b < \rho_{ZC}}$

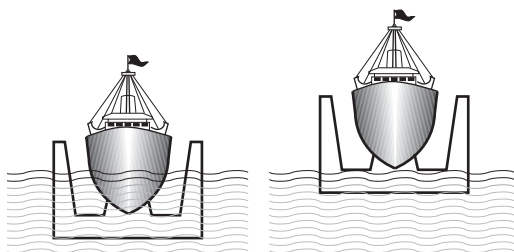
UJI PEMAHAMAN

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Dari hasil uraian di atas maka :
   a. Bagaimanakah perbandingan ρb terhadap ρ_{ZC} saat benda tenggelam?
   b. Bagaimanakah perbandingan ρb terhadap ρ_{ZC} saat benda melayang?
   c. Bagaimanakah perbandingan ρb terhadap ρ_{ZC} saat benda terapung?
2.
   Benda pada gambar di samping tenggelam atau terapung? Beri penjelasan!

Penerapan Hukum Archimedes

Hukum Archimedes banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, seperti :

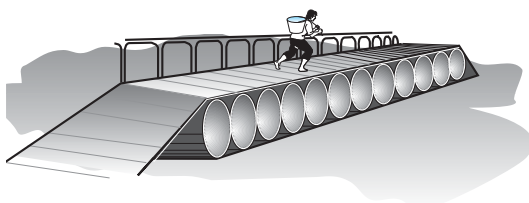
1. **pembuatan kapal laut,**
2. **pembuatan kapal selam,**
3. **pembuatan galangan kapal, dan**
4. **dipergunakan untuk memperbaiki bagian bawah kapal yang rusak.**

Gambar 14.22
Galangan kapal

5. Balon Udara

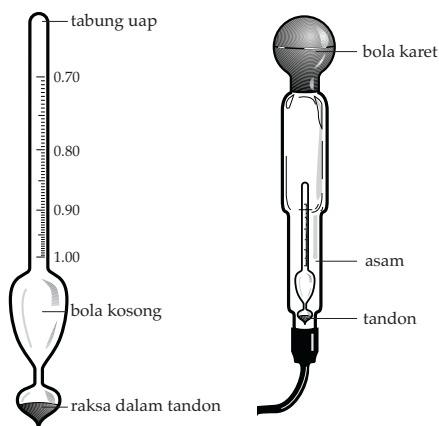
Gambar 14.23 Balon udara

Mula-mula balon udara berisi udara kemudian udara di dalam balon dibakar sehingga menjadi udara yang panas dan memiliki massa jenis lebih kecil daripada udara di luar balon. Akibatnya berat balon lebih kecil daripada gaya angkat udara yang menyebabkan balon akan terangkat (naik).

Jika pembakaran dihentikan maka udara dalam balon akan menjadi dingin sehingga massa jenis udara dalam balon menjadi besar. Oleh karena itu balon akan turun karena berat balon lebih besar dari pada gaya angkat udara.

6. Jembatan Ponton

Gambar 14.24 Jembatan ponton

Dibuat dari drum-drum kosong tetapi tertutup rapat dan disusun sejajar dan diletakkan di atas air. Kemudian di atas drum-drum diletakkan papan untuk memudahkan berjalan di atas jembatan.

7. Hidrometer

Gambar 14.25 Hidrometer

Alat untuk mengukur massa jenis zat cair. Caranya dengan memasukkan hidrometer dalam posisi tegak ke dalam zat cair yang akan diukur massa jenisnya dan hidrometer akan terapung.

Contoh soal:

1. Sebuah benda bila ditimbang di udara beratnya 10 N dan akan menjadi 8 N bila ditimbang dalam zat cair volum benda 200 cm^3 dan g = 10 m/s^2. Berapa massa jenis zat cair bila benda tenggelam?

Penyelesaian:

Diketahui: $W = 10$ N

$W_S = 8$ N

$V_b = 200$ cm^2 = 0,0002 m^3

$g = 10$ m/s^2

Ditanya: ρ_{ZC} = ...?

Jawab:

W = Ws + Fa

10 = 8 + Fa

Fa = 10-8

Fa = 2 N

$Fa = V_b \cdot \rho_{ZC} \cdot g$

$2 = 0{,}0002 \cdot \rho_{ZC} \cdot 10$

$2 = 0{,}002 \cdot \rho_{ZC}$

$$\rho_{ZC} = \frac{2}{0{,}002} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

2. Benda dengan volum 200 cm^3 terapung dalam air. Massa jenis benda 0,8 g/cm^3 dan massa jenis air 1 g/cm^3.

   Berapakah:

   a. Volum benda yang terbenam?

   b. Volum benda yang muncul di atas permukaan air?

   Penyelesaian:

   Diketahui: Vb = 200 cm^3

   ρb = 0,8 g/cm^3

   ρa = 1 g/cm^3

   Ditanya: a) V_2 = ...? b) V_1 = ...?

   Jawab:

   a) W = Fa

   $V_b \cdot \rho_b \cdot g = V_2 \cdot \rho_{ZC} \cdot g$

   $200 \cdot 0{,}8 = V_2 \cdot 1$

   $V_2 = 160$ cm^3

   b) $V = V_1 + V_2$

   200 = V1 + 160

   $V_1 = 200-160$

   $V_1 = 40$ cm^3

UJI PEMAHAMAN

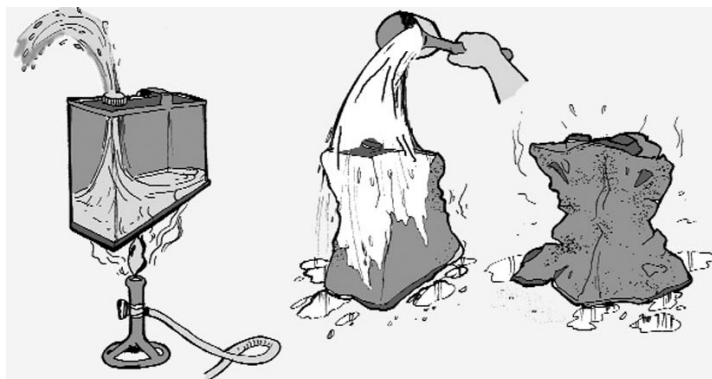
Kerjakan soal berikut dengan benar!

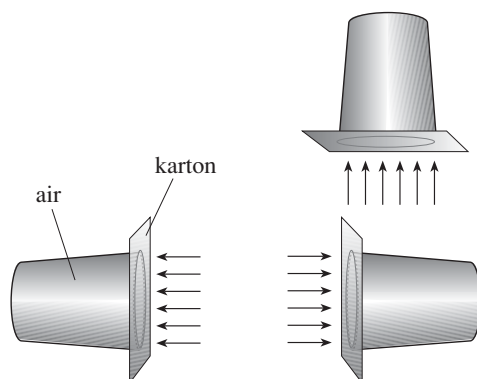
1. Benda dengan massa 100 gram terapung di air (ρ = 1 g/cm^3). Massa jenis benda 0,6 g/cm^3. Berapakah volum benda yang:

   a. Tercelup b. Muncul

2. Berapa bagian volum kayu (ρ = 0,89 g/cm^3) yang muncul bila yang di masukan dalam zat cair yang dimiliki massa jenis 1,2 g/cm^3?

F. TEKANAN OLEH GAS

Perhatikan gambar 14.26 kaleng diisi air dan dipanaskan hingga air mendidih dan pembakar dijauhkan kemudian kaleng ditutup rapat. Setelah itu disiram dengan air dan yang terjadi kaleng menjadi penyok/ringsek. Mengapa demikian?

Gambar 14.26 Pengaruh tekanan udara pada kaleng

Perhatikan gambar berikut!

Gambar 14.27 Pengaruh Tekanan udara terhadap air dalam gelas

Gambar di atas mula-mula gelas diisi air sampai penuh kemudian ditutup dengan karton. Selanjutnya gelas dibalik dengan posisi karton di bawah atau dalam posisi miring. Mengapa karton tidak jatuh?

Dari rangkaian gambar pada 2 peristiwa di atas di mana kaleng dapat ringsek atau karton tidak dapat jatuh karena adanya tekanan udara.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Jelaskan pengaruh tekanan udara yang dapat menyebabkan ringseknya kaleng karena disiram air!
2. Jelaskan pengaruh tekanan udara yang menyebabkan karton tidak jatuh saat gelas yang penuh air kemudian ditutup dengan karton dan diletakkan dalam posisi terbalik atau miring!

Mengapa udara dapat menimbulkan tekanan? Ke mana arah tekanan udara?

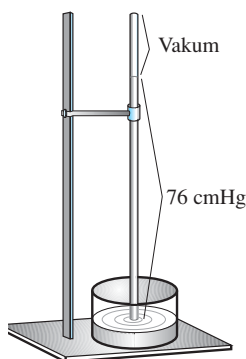
Untuk menjawab pertanyaan tersebut, ingatlah kembali pelajaran tentang wujud zat. Zat adalah sesuatu yang memiliki massa dan mempunyai volum. Udara termasuk zat gas, sehingga udara mempunyai massa. Karena udara terkena pengaruh gravitasi bumi, maka udara memiliki berat.

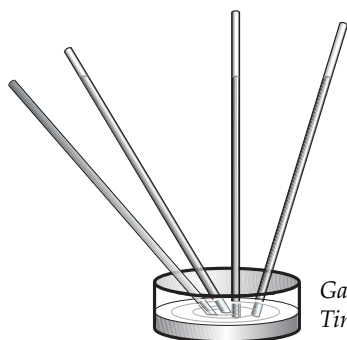
Telah kita pelajari sebelumnya bahwa karena adanya gaya yang menekan suatu luasan tertentu akan timbul tekanan. Udara yang menyelimuti bumi yang dikenal dengan atmosfer menekan permukaan bumi dari segala arah sehingga timbullah tekanan atmosfer.

Udara juga mempunyai sifat seperti zat cair, yaitu selalu menekan ke segala arah.

1. Percobaan Torricelli

Evangelista Torricelli adalah ilmuwan pertama yang mengadakan percobaan untuk mengukur besar tekanan udara luar. Ia memperkenalkan alat yang dinamakan barometer. Percobaan Torricelli menggunakan pipa kaca sepanjang 1 meter yang salah satu ujungnya tertutup. Pipa kaca diisi dengan raksa sampai penuh, kemudian ujung yang terbuka ditutup menggunakan jari. Selanjutnya pipa dimasukkan dalam posisi terbalik ke dalam bejana yang berisi raksa dan jari dilepas.

Gambar 14.28 Percobaan Torricelli

Ternyata tinggi raksa dalam tabung kaca turun sampai ketinggian tertentu. Bila percobaan dilakukan dipantai, tinggi raksa dalam tabung 76 cm dan tinggi raksa dalam tabung cenderung tetap walaupun tabung dimiringkan yaitu 76 cm diukur dalam arah vertikal.

Gambar 14.29
Tinggi raksa dalam berbagai posisi

Mengapa raksa tidak turun terus dan berhenti pada angka 76? Hal tersebut karena adanya tekanan udara luar yang menekan raksa dalam bejana. Besarnya tekanan udara luar tersebut seimbang dengan tekanan raksa setinggi 76 cm.

Dengan demikian tinggi raksa 76 cm menunjukkan besarnya tekanan udara luar di pantai atau permukaan laut. Selanjutnya tekanan udara (atmosfer) yang menyebabkan raksa tertahan setinggi 76 cm didefinisikan sebagai 1 atmosfer (1 atm).

Jadi : 1 atm = 76 cm raksa = 76 cm Hg

Satuan tekanan udara.

- N/m^2 dalam S.I
- $dyne/cm^2$ dalam cgs
- atmosfer (atm)
- cm Hg

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

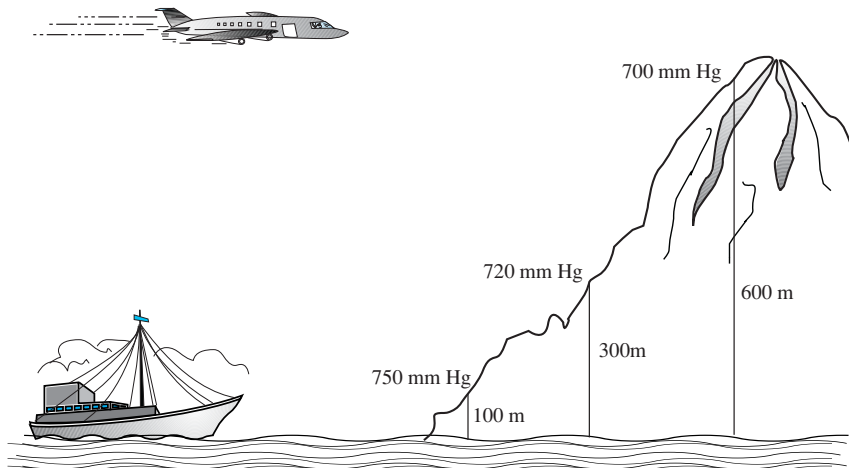
a. Dari hasil percobaan Torricelli didapat bahwa tekanan udara luar di atas permukaan laut sebesar 76 cm Hg atau 1 atm. Berapa angka tersebut bila dinyatakan dalam N/m^2 atau SI? Diketahui $\rho Hg = 13.600\ kg/m^2$, h = 76 cm, $g = 9{,}8\ m/s^2$.

b. Pada percobaan Torricelli menggunakan raksa sehingga tinggi raksa 76 cm. Bila raksa diganti dengan air yang mempunyai massa jenis 1000 kg/m^3, berapa tinggi air? $g = 9{,}8\ m/s^2$.

2. Pengaruh Tinggi suatu tempat Terhadap Tekanan Udara

Menurut hasil percobaan di dapat bahwa semakin tinggi suatu tempat, maka semakin rendah tekanan udaranya dan akan menjadi nol ketika masuk ke ruang hampa. Hal tersebut dikarenakan makin ke atas lapisan udara makin tipis, sehingga berat udara semakin kecil.

Hasil percobaan tersebut adalah :

Setiap kenaikan 100 meter dari permukaan laut, tekanan udara turun 1 cm Hg

Gambar 14.30 Pengaruh tinggi tempat terhadap tekanan udara

Rumus : $$Ph = P_{Bar} - \frac{h}{100\ m} \times 1\ cm\ Hg$$

Keterangan :

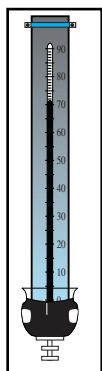
Ph = tekanan udara luar di ketinggian h (cm Hg)

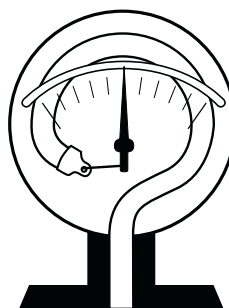
P_{Bar} = tekanan udara luar yang terukur oleh barometer (cm Hg)

h = tinggi tempat (m)

Alat ukur tekanan udara luar

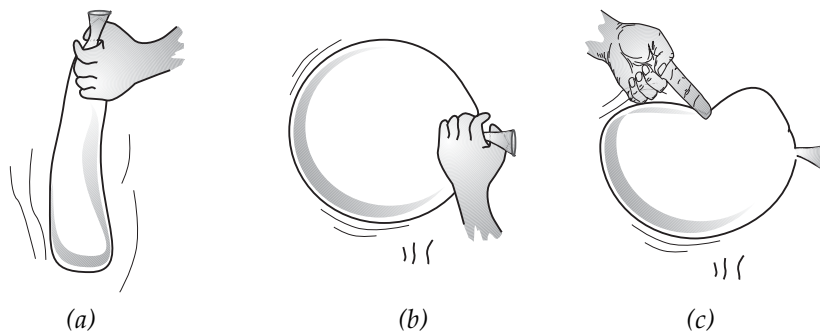
Untuk mengukur tekanan udara luar menggunakan alat yang bernama barometer. Barometer ada 2 jenis yaitu barometer zat cair dan barometer logam (aneorid)

a. Barometer Zat Cair

Gambar 14.31 (a) Barometer Raksa

b. Barometer logam/Aneroid

Gambar 14.31 (b) Barometer Logam

3. Tekanan Gas dalam Ruang Tertutup

Perhatikan gambar berikut! Balon sebelum ditiup tampak seperti gambar a. Ketika sudah ditiup bentuk balon seperti gambar b. Kemudian balon ditekan, bentuk balon seperti gambar c.

(a) (b) (c)

Gambar 14.32 Tenan udara dalam balon

Bentuk balon yang berubah-ubah karena adanya udara yang menekan balon. Pada gambar c udara yang terdapat di dalam balon di mana balon merupakan ruang tertutup juga mampu memberikan tekanan. Hal itu tampak bagian balon yang ditekan menjadi kempis tetapi pada bagian lain terjadi benjolan akibat tekanan udara dalam balon.

Alat ukur tekanan gas dalam ruang tertutup

Tekanan gas dalam ruang tertutup diukur dengan manometer.

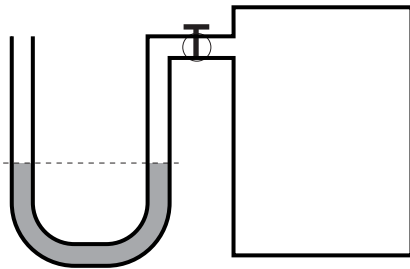
Manometer ada 2 jenis, yaitu manometer raksa dan manometer logam.

1) Manometer raksa, terdiri atas:
   a) Manometer raksa terbuka, dan
   b) Manometer raksa tertutup

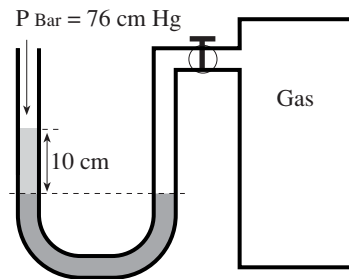
2) Manometer logam terdiri atas:
   a) Manometer Bourdon,
   b) Manometer Scaffer dan Budenberg, dan
   c) Manometer Pegas.

Manometer Raksa

Bagian inti dari manometer adalah sebuah pipa U yang berisi raksa.

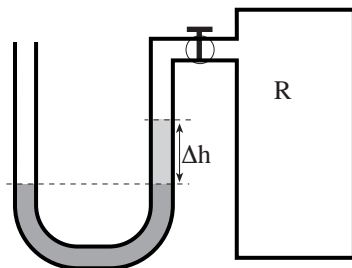
a. Manometer raksa terbuka

Salah satu ujung pipa U terbuka dan ujung lain dihubungkan dengan ruang tertutup yang berisi gas. Mula-mula kran tertutup sehingga tinggi raksa pada kedua kaki sama.

Gambar 14.33 (a) Manometer raksa terbuka

Bila kran dibuka, ada 2 kemungkinan yang terjadi :

Tekanan gas > tekanan udara luar

Besar tekanan gas :

$$P_{gas} = P_{Bar} + \Delta h$$

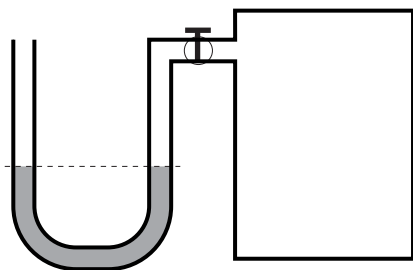
Gambar 14.33 (b) Manometer raksa terbuka bila kran dibuka

$P_{gas} < P_{Bar}$

Besar tekanan gas :

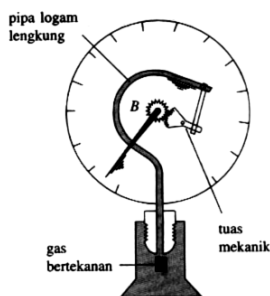
$$P_{gas} = P_{Bar} - \Delta h$$

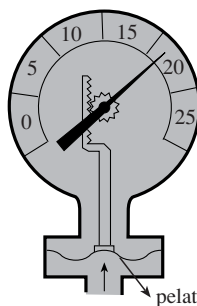
Gambar 14.33 (c) Manometer raksa terbuka bila kran dibuka

b. Manometer raksa tertutup

Gambar 14.34 Manometer Raksa tertutup

Salah satu ujung pipa U tertutup dan ujung lain dihubungkan dengan ruang tertutup berisi gas.

Manometer Logam/Aneroid

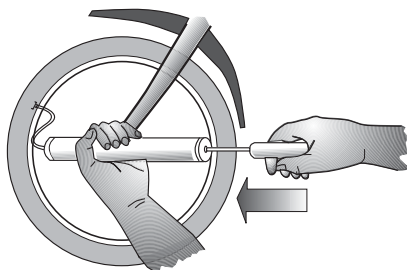
a. Manometer Bourdon

Gambar 14.35 Manometer Bourdon

b. Manometer Scaffer dan Budenberg

Gambar 14.36 Manometer Scaffer dan Budenberg

c. Manometer Pegas

Gambar 14.37 Manometer Pegas

G. HUKUM BOYLE

Gambar 14.38 Memompa sepeda

Saat penghisap ditarik, maka volum udara dalam pompa membesar dan udara tidak dapat masuk ke ban sebab harus masuk melalui katup (ventil) dari karet. Jika pengisap ditekan maka volum udara dalam pompa mengecil dan udara dapat masuk ke ban melalui ventil karena tekanannya membesar.

Gejala tersebut ditemukan oleh **Robert Boyle** yang menyelidiki pengaruh tekanan terhadap volum gas pada suhu tetap. Pernyataan Robert Boyle dikenal dengan *Hukum Boyle*, yang berbunyi :

"*Pada suhu tetap, tekanan gas di dalam ruang tertutup berbanding terbalik dengan volum-nya* "

Dari hukum Boyle tersebut berarti hasil kali tekanan dan volum gas dalam ruang tertutup adalah konstan (tetap) asalkan suhu gas tetap.

Pernyataan tersebut bila ditulis dalam bentuk rumus :

$$P \cdot V = C$$

c = bilangan tetap (konstanta)

Bila tekanan diubah maka volum gas juga berubah maka rumus di atas dapat ditulis sebagai berikut.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

Keterangan:

P_1 = tekanan gas mula-mula (atm, cm Hg, N/m^2, Pa)

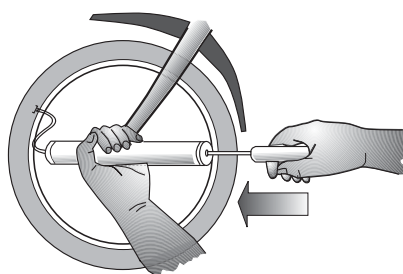
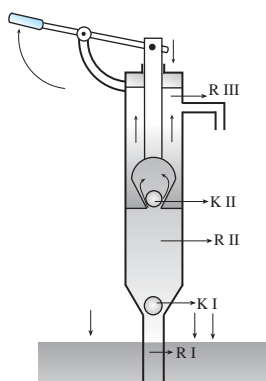
P_2 = tekanan gas akhir (atm, cm Hg, N/m^2, Pa)

V_1 = volum gas mula-mula (m^3, cm^3)

V_2 = volum gas akhir (m^3, cm^3)

Alat-alat yang menggunakan prinsip Hukum Boyle :

1. Pompa ban sepeda
2. Pompa air

(a)

(b)

Gambar 14.39
Alat-alat yang menggunakan prinsip Hukum Boyle

Contoh soal :

1. Seorang anak mengadakan percobaan Torricelli dan ia mendapatkan tinggi raksa dalam pipa 75 cm. Kemudian anak tersebut mengganti raksa dengan zat cair lain yang massa jenisnya 2 g/cm^3. Berapa panjang minimal pipa yang harus disediakan? (massa jenis raksa 13,6 g/cm^3)

   Penyelesaian:

   Diketahui: $h_{Hg} = 75$ cm

   $\rho_{Hg} = 13{,}6\ g/cm^3$

   $\rho_{ZC} = 2\ g/cm^3$

   Ditanya: $h_{ZC} = ...?$

   Jawab: $P_{Hg} = P_{ZC}$

   $\rho_{Hg} \cdot g . h_{Hg} = \rho_{ZC} \cdot g \cdot h_{ZC}$

   $13{,}6 \times 75 = 2 \times h_{ZC}$

   $$h_{ZC} = \frac{13{,}6 \times 75}{2} = 510 \text{ cm} = 5{,}1 \text{ m}$$

2. Gas dalam ruang tertutup yang bervolum 100 cm^3 memiliki tekanan 3 atm. Bila volum gas diperbesar menjadi 1,5 kali volum semula, berapa tekanan gas sekarang?

   Penyelesaian:

   Diketahui: $V_1 = 100\ cm^3$

   $P_1 = 3$ atm

   $V_2 = 1{,}5 . V1 = 1{,}5 \times 100 = 150\ cm^3$

   Ditanya: $P_2 = ...?$

Jawab:

$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

$3 \cdot 100 = P_2 \cdot 150$

$$P_2 = \frac{300}{150} = 2 \text{ atm}$$

3. Suatu tempat dengan ketinggian 400 m di atas permukaan laut. Berapa tekanan udara di tempat tersebut? Tekanan udara di atas permukaan laut 76 cm Hg.

   Penyelesaian :

   Diketahui: h = 400 m

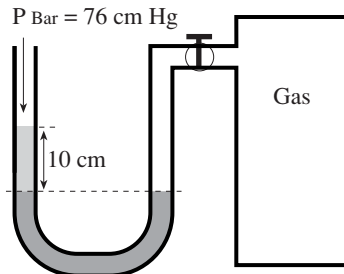
   P_{Bar} = 76 cm Hg.

   Ditanya: Ph = ...?

   Jawab: $Ph = P_{Bar} - \frac{h}{100 \text{ m}} \times 1 \text{ cm Hg}$

   $= 76 \text{ cm Hg} - \frac{400 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 1 \text{ cm Hg}$

   $= (76 - 4) \text{ cm Hg} = 72 \text{ cm Hg}$

4. Tekanan gas dalam suatu tangki diukur dengan manometer raksa terbuka. Setelah kran dibuka keadaannya seperti gambar berikut.

Berapa tekanan gas dalam tangki?

Penyelesaian :

Diketahui: P_{Bar} = 76 cmHg

Δh = 10 cm

Ditanya: P_{gas} = ...?

Jawab : $P_{gas} > P_{Bar}$

$P_{gas} = P_{Bar} + \Delta h$

$= 76 \text{ cmHg} + 10 \text{ cmHg}$

$P_{gas} = 86 \text{ cmHg}$

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Barapakah tekanan udara di suatu tempat yang tingginya 800 m, jika P_{Bar}= 76 cmHg?
2. Gas yang berada dalam ruang tertutup, volumnya dijadikan 1/3 kali semula. Berapakah tekanan gas sekarang?

RANGKUMAN

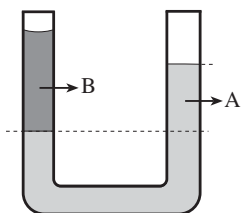
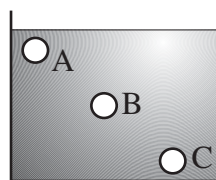
1. Setiap zat dapat menimbulkan tekanan.
2. Tekanan yang disebabkan oleh zat padat: P = F/A

   Permukaan zat cair dalam tiap-tiap bejana terletak pada suatu bidang datar.
3. Tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dan sama besar.
4. Tekanan hidrostatis dipengaruhi oleh kedalaman dan jenis zat cair.
5. Benda yang dimasukan ke dalam zat cair ada 3 kemungkinan:
   a. Tenggelam jika massa jenisnya > massa jenis zat cair.
   b. Melayang jika masa jenis benda = massa jenis zat cair.
   c. Terapung jika massa jenis benda < massa jenis zat cair.
6. Setiap kenaikan 100 meter dari permukaan laut, tekanan udara turun 1 cmHg.
7. Tekanan udara luar diukur dengan Barometer.
8. Tekanan gas dalam ruang tertutup diukur dengan Manometer.
9. Hasil kali tekanan dan volum gas dalam ruang tertutup selalu tetap asal suhu gas tidak berubah.

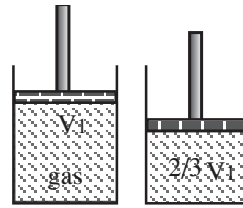
UJI KOMPETENSI

I. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

1. Untuk memperbesar tekanan dapat dilakukan dengan cara memperkecil luas permukaan. Hal ini berarti ....
   a. tekanan sebanding dengan luas
   b. tekanan berbanding lurus dengan luas
   c. tekanan berbanding terbalik dengan luas
   d. tekanan berbanding terbalik dengan permukaan
2. Makin berat suatu kendaraan makin lebar roda kendaraan tersebut. Tujuannya adalah ....
   a. memperkecil tekanan pada roda
   b. memperbesar tekanan pada roda
   c. memperkecil gaya pada roda
   d. memperbesar gaya pada roda

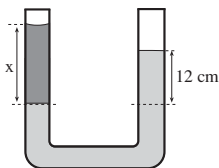
3. Pada tanah berlumpur, bekas kaki ayam lebih dalam dari pada bekas kaki itik. Dari pernyataan berikut yang benar adalah ....
   a. luas kaki ayam lebih kecil dari pada luas kaki itik
   b. luas kaki ayam lebih besar dari pada luas kaki itik
   c. luas kaki ayam sama dengan luas kaki itik
   d. luas kaki ayam tidak sama dengan luas kaki itik
4. Gaya 10 N dapat menghasilkan tekanan 5000 N/m^2 apabila luas permukaannya ....
   a. 0,002 m^2 c. 500 m^2
   b. 0,02 m^2 d. 50.000 m^2
5. air — Permukaan air dalam gelas akan tidak mendatar bila ....
   a. di atas air dituangkan minyak kemudian dibiarkan beberapa saat
   b. ke dalam gelas ditambahkan alkohol dan dibiarkan beberapa saat
   c. ke dalam gelas dimasukkan spirtus dan dibiarkan beberapa saat
   d. gelas di goyang-goyang
6. Rem hidrolik pada mobil dibuat berdasarkan hukum ....
   a. Pascal c. Boyle
   b. Archimedes d. Newton
7. Dua jenis zat cair dituangkan ke dalam pipa U seperti gambar berikut.

   Kesimpulan yang diperoleh adalah ....
   a. massa jenis A > massa jenis B
   b. massa jenis A < massa jenis B
   c. massa jenis A = massa jenis B
   d. massa jenis kedua zat cair tidak dapat dibandingkan.
8. Benda A, B, dan C bermassa sama tetapi volumenya berbeda, dimana $V_A > V_B > V_C$. Ketika dimasukkan ke dalam air semua terapung. Gaya ke atas benda adalah ....
   a. benda A > benda B > benda C
   b. benda A < benda B < benda C
   c. benda A = benda B = benda C
   d. benda B > benda A, benda B < benda C
9. Tiga buah benda yang bervolume sama dimasukkan ke dalam air seperti gambar berikut.

   Gaya ke atas benda adalah ....
   a. benda A > benda B > benda C
   b. benda C > benda B > benda A
   c. benda A = benda B = benda C
   d. benda B > benda C, benda B > benda A
10. Sebuah perahu bila di sungai terapung seperti gambar.

   Bila perahu berada di air laut maka badan perahu akan ....
   a. semakin terbenam
   b. semakin terapung
   c. tenggelam
   d. melayang
11. Jika kita membawa balon karet ke tempat yang lebih tinggi, misalnya puncak gunung, maka volum balon akan ....
   a. tetap c. bertambah
   b. berkurang d. berubah-ubah

12. Alat pengukur tekanan gas dalam ruang tertutup adalah ....
    a. Manometer   c. Hidrometer
    b. Barometer   d. Altimeter
13. Tekanan udara di kota Bandung adalah 69 cm Hg. Ketinggian kota Bandung dari permukaan laut ....
    a. 500 m   c. 700 m
    b. 600 m   d. 800 m
14. Makin kecil volum gas dalam ruang tertutup, maka ....
    a. makin kecil tekanan gas
    b. makin besar tekanan gas
    c. tekanan gas tetap
    d. tekanan gas berubah-ubah
15.

    Gas di dalam ruang tertutup dibuat menjadi $\frac{2}{3}$ V_1. Tekanan gas menjadi ....
    a. 1,5 kali semula
    b. $\frac{2}{3}$ kali semula
    c. $\frac{1}{2}$ kali semula
    d. $\frac{1}{3}$ kali semula

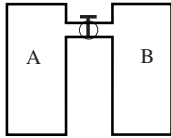
II. Jawablah petanyaan di bawah ini dengan tepat!

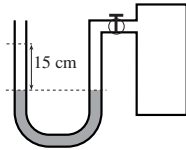
1. Mengapa orang berjalan di atas salju menggunakan sepatu yang memiliki alas yang luas?
2. Bagaimana caramu agar suatu benda yang tenggelam dibuat terapung pada zat cair yang sama, jika massa benda tetap?
3. Mengapa tangki air selalu diletakkan lebih tinggi daripada bangunan?
4. Ada 2 buah tas yang beratnya sama tetapi memilki tali pegangan yang berbeda, yaitu kecil dan besar.

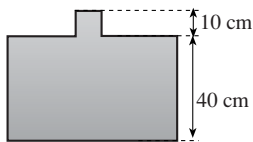
   Bila kamu diminta menjinjingkan salah satu tas tersebut, manakah yang kamu pilih? Mengapa?
5. Seorang anak memakai sepatu dengan luas alas masing-masing sepatu 40 cm^2. Berat anak 300 N. Hitunglah tekanan yang dihasilkan anak tersebut bila ia berdiri menggunakan :
   a. salah satu kaki   b. kedua kaki
6.

   Pipa U diisi dengan air kemudian ditambahkan zat cair sehingga tampak seperti gambar. Massa jenis air 1000 kg/m^3 dan massa jenis zat cair 800 kg/m^3. Berapa x?
7. Sepotong kayu diberi pemberat dan dimasukkan dalam air seperti gambar berikut.

   Panjang kayu yang berada dalam air sepanjang 8 cm. massa jenis air 1000 kg/m^3.

   Berapa panjang kayu tersebut jika dicelupkan dalam minyak? Massa jenis minyak 800 kg/m^3

8. Gas berada dalam ruang tertutup seperti gambar berikut.

Mula-mula gas berada di A yang bervolum 2 m^3, dan B ruang hampa dengan volum 1 m^3. Tekanan gas di A adalah 3 atm. Berapakah tekanan gas di A jika kran dibuka?

9. Sebuah manometer terpasang pada sebuah tangki gas.

Setelah kran di buka keadaan manometer seperti gambar. Jika tekanan udara luar saat 15 cm itu 74 cm Hg, berapa tekanan gas dalam tangki?

10. Perhatikan bejana berisi zat cair seperti gambar berikut.

Massa jenis zat cair 800 kg/m^3 dan percepatan gravitasi 10 m/s^2. Berapakah tekanan hidrostatis di A 40 cm dan B?

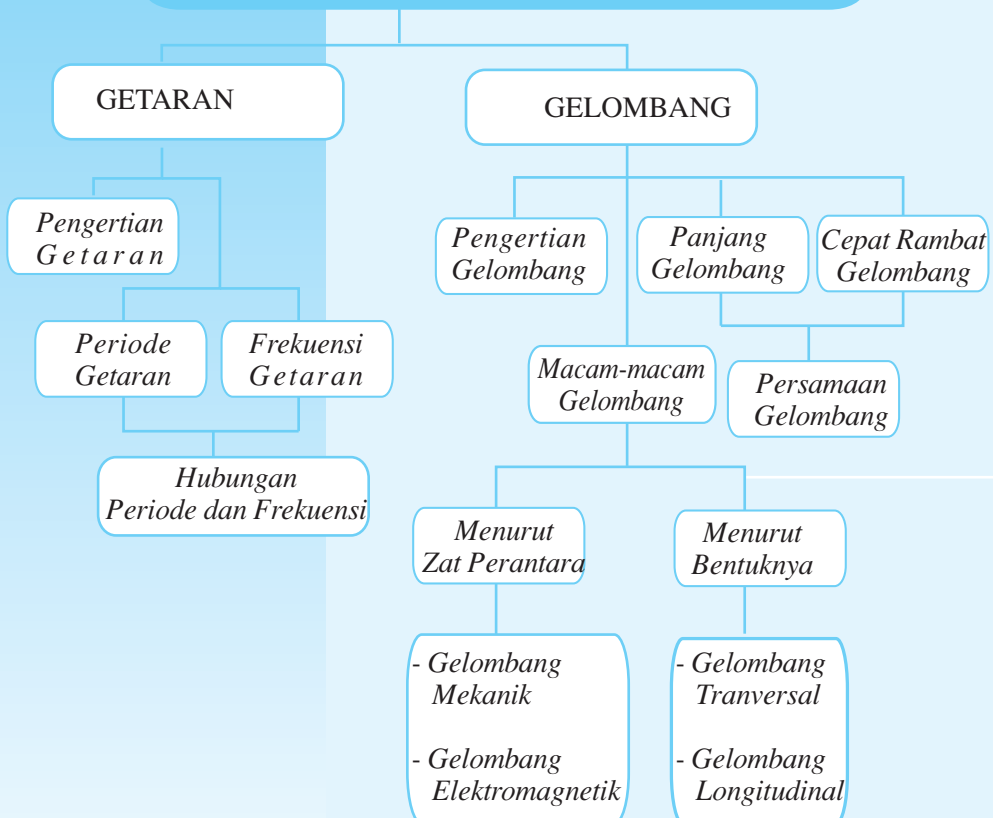
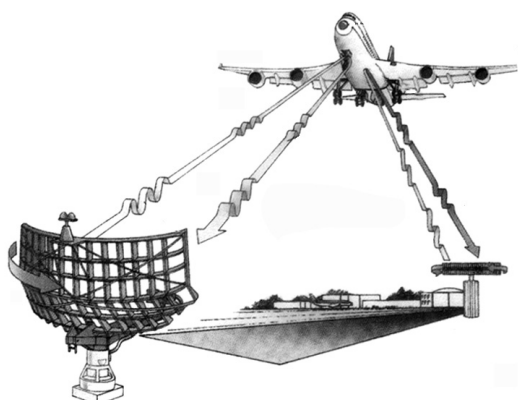
BAB 15

GETARAN DAN GELOMBANG

Standar Kompetensi:

Memahami konsep dan penerapan getaran, gelombang, dan optika dalam produk teknologi sehari-hari.

Kompetensi Dasar:

Mendeskripsikan konsep getaran dan gelombang serta parameter-parameternya.

RADAR *Sumber: Ensiklopedi Populer Anak*

Dari jarak ratusan kilometer, petugas radar dapat melacak gerak pesawat terbang, dalam keadaan gelap sekalipun. Radar dapat menemukan benda dengan memancarkan gelombang radio berfrekuensi tinggi ke benda tersebut dan melacak pantulannya. Radar amat berharga, antara lain dapat memandu pesawat terbang untuk menemukan jalur aman dan memperingatkan pengamat cuaca tentang datangnya badai. Astronom memakai radar untuk meneliti planet, sedangkan militer memakainya untuk melacak posisi lawan. Tahun 1930-an, sejumlah ilmuwan inggris yang dipimpin Sir Robert Watson Wart (1892 - 1973) mengembangkan sistem radar pertama. Selama Perang Dunia II (1939 - 1945), sistem ini memberi peringatan dini mengenai serangan bom, sehingga pesawat pertahanan masih sempat mengangkasa.

Radar menjadi sangat penting dalam kehidupan manusia terutama dalam sistem pertahanan dan navigasi. Pembicaraan tentang radar tidak lepas dari konsep getaran dan gelombang.

A. GETARAN

1. Pengertian Getaran

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering mendengar perkataan getaran, sebagai berikut.

a. Senar gitar yang dipetik itu bergetar

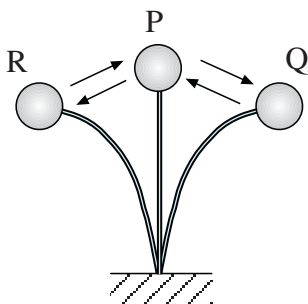
b. Gong yang dipukul itu bergetar

c. Bergetar jantungku menyaksikan pertandingan tinju tersebut

Masih banyak lagi perkataan getaran yang dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari.

Apakah getaran itu?

Untuk memahami pengertian getaran, kita ikuti beberapa percobaan berikut.

a. Ambillah sebatang pelat logam, kemudian jepitlah salah satu ujungnya. Tandailah ujung pelat dengan titik P, kemudian tariklah pelat tersebut sampai titik Q dan lepaskan. Maka yang terjadi pelat logam bergerak bolak balik melalui titik P (gerak pelat sampai titik R).

Gambar 15.1 Getaran plat logam

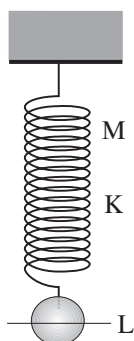
Keterangan

1. Titik P disebut titik setimbang
2. Jarak benda yang bergetar dengan titik setimbang setiap saat disebut simpangan, yang diberi lambang dengan y.

Pada gambar 15.1 disamping yang disebut simpangan antara lain jarak QP, SP, dan PR.

Simpangan yang terbesar (maksimum) disebut amplitudo, yang diberi lambang A.

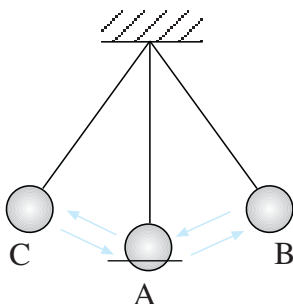
Pada gambar 15.1 diatas yang disebut dengan amplitudo adalah jarak QP da PR.

b. Ambillah sebuah pegas spiral yang lemas dan berilah beban pada salah satu ujungnya. Kemudian ikatlah ujung yang lain pada sebuah papan (dalam keadaan menggantung). Tandailah tempat beban dalam keadaan diam dengan titik K, kemudian tarik beban sampai titik L dan lepaskan. Maka yang terjadi beban bergerak bolak-balik melalui titik K (gerak beban sampai titik M).

Keterangan:

Titik K disebut titik setimbang

Jarak titik K – L dan titik K – M disebut amplitudo

Gambar 15.2 Getaran pegas

c. Ambillah bola logam atau bola plastik kemudian ikatlah dengan benang lalu gantungkan pada sebuah papan. Tandailah tempat bola dalam keadaan diam dengan titik A, kemudian berilah simpangan sampai titik B dan lepaskan! Maka yang terjadi bola bergerak bolak-balik melalui titik A (gerak bola sampai titik C).

Keterangan:

Titik A disebut titik setimbang.

Jarak titik A – B dan titik A – C disebut amplitudo.

Amplitudo adalah simpangan maksimum.

Gambar 15.3 Ayunan sederhana

Ketiga percobaan tersebut di atas merupakan percobaan mengenai getaran. Ternyata hasil setiap percobaan di atas benda selalu bergerak bolak-balik melalui titik setimbangnya. Gerak bolak-balik melalui titik setimbangnya disebut *getaran*.

Pada getaran, gerak bolak-balik dari suatu titik kembali ke titik itu lagi disebut *gerak 1 getaran*.

Dari percobaan ketiga (lihat gambar 15.3), yang disebut gerak satu getaran adalah gerak dari:

a. A – B – A – C – A, atau
b. A – C – A – B – A, atau
c. B – A – C – A – B, atau
d. C – A – B – A – C.

2. Periode dan Frekuensi Getaran

a. Periode atau waktu getar (T)

Dari gambar 15.3 di atas gerakan A – C – A – B – A sebanyak satu kali (tidak berulang kali) disebut *satu getaran*.

Waktu yang diperlukan oleh suatu benda untuk melakukan 1 (satu) kali getaran disebut *waktu getar* atau *periode*.

Jika misalnya kita ukur dengan menggunakan stop watch untuk melakukan 10 kali getaran memerlukan waktu selama 5 detik, maka waktu getar atau periodenya adalah:

$$\frac{5 \text{ detik}}{10} = 0,5 \text{ detik}$$

Bila dinyatakan dengan rumus:

$$T = \frac{\text{waktu}}{\text{jumlah getaran}} \quad \text{atau} \quad T = \frac{t}{N}$$

t = waktu selama bergetar
N = jumlah getaran

Satuan periode dalam SI adalah detik atau sekon.

b. Frekuensi getaran (f)

Frekuensi disebut juga kekerapan, yaitu jumlah getaran dalam waktu satu detik.

Jika dalam waktu 1 detik suatu benda melakukan getaran sebanyak 100 kali, maka frekuensinya adalah 100 getaran/detik.

Bila dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{\text{jumlah getaran}}{\text{waktu}} \quad \text{atau} \quad T = \frac{N}{t}$$

Satu frekuensi dalam SI adalah getaran/detik (Hz). Satuan lain yang sering digunakan adalah:

1) Cycle/sekon (cps)
2) Kilo hertz (KHz)
3) Mega hertz (MHz)

1 cps = 1 Hz
1 KHz = 1.000 Hz
1 MHz = 1.000 KHz
1 MHz = 1.000.000 Hz

c. Hubungan antara frekuensi (f) dengan periode (T)

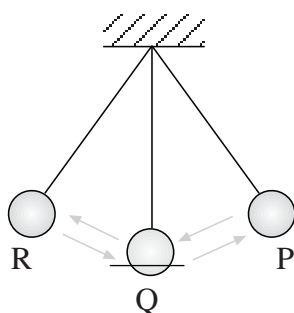
Jika dalam 1 detik terjadi 100 getaran berarti bahwa:

1) Frekuensi (f) = 100 getaran/detik
2) Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 kali getaran atau periode $(T) = \frac{1}{100}$ detik.

Dengan demikian antara frekuensi dan periode itu mempunyai hubungan satu sama lain. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\boxed{f = \frac{1}{T}} \text{ atau } \boxed{T = \frac{1}{f}}$$

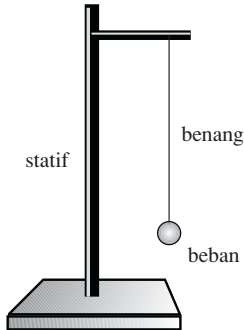
UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar (di kertas lain)!

Keterangan:

Gambar di samping adalah sebuah beban yang digantungkan dengan tali yang setimbang di titik Q. Kemudian beban disimpangkan sampai titik P kemudian dilepaskan sehingga beban melakukan getaran.

1. Beberapa jumlah getaran yang dilakukan oleh beban jika bergerak dari:
   a. P – Q – R – Q : . . . . getaran
   b. Q – R – Q – P – Q – R : . . . . getaran
   c. R – Q – P : . . . . getaran
   d. Q – P – Q – R – Q – P – Q : . . . . getaran
2. Tentukan gerakan beban, jika beban melakukan:
   a. dua getaran di mulai dari R.
   b. satu seperempat getaran, dimulai dari Q.
   c. satu setengah getaran, dimulai dari P.
3. Jika waktu yang diperlukan oleh beban untuk bergerak P – Q – R – Q adalah 4 sekon maka:
   a. periode getaran : ... sekon
   b. frekuensi getaran : ... Hz
   c. jumlah getaran dalam waktu 9 sekon : ... getaran
4. Jika jarak P – R = 10 cm, maka amplitudo getaran = ...
5. Sebutkan persamaan dan perbedaan dari amplitudo dan simpangan getaran!

Kegiatan 15.1 Getaran ayunan sederhana

1. Tujuan: Menentukan periode dan frekuensi getaran ayunan sederhana.
2. Alat dan bahan :
   1. beban 50 gram (1 buah)
   2. beban 100 gram (1 buah)
   3. stop watch (1 buah)
   4. statif (1 set)
   5. benang (tali) (secukupnya)
3. Langkah kerja:

1. Rakitlah alat dan bahan seperti gambar 11 di samping, dan gunakan tali dengan panjang 1 meter dan beban dengan massa 50 gram!
2. Simpangkan beban dari titik setimbang dengan simpangan = 5 cm, kemudian lepaskan beban dengan pelan-pelan dan biarkan beban bergetar!
3. Setelah beban bergetar dengan teratur, catat waktu yang diperlukan beban untuk 10 getaran. Jumlah getaran = 10 getaran, waktu yang diperlukan = ... sekon.
   Sehingga : periode getaran = ... sekon
   frekuensi getaran = ... Hz
4. Ulangi kegiatan ketiga, tanpa harus menghentikan gerakan beban.
   Jumlah getaran = 10 getaran, waktu yang diperlukan = ... sekon.
   Sehingga : periode getaran = ... sekon
   frekuensi getaran = ... Hz
5. Rata-rata periode dan frekuensi dari data ke 3 dan ke 4.
   rata-rata periode getaran = ... sekon
   rata-rata frekuensi = ... Hz.
6. Ulangi kegiatan 1 sampai dengan 3 menggunakan beban 100 gram dan tali dengan panjang 1 meter.
   Jumlah getaran = 10 getaran, waktu yang diperlukan = ... sekon.
   Sehingga : periode getaran = ... sekon
   frekuensi getaran = ... Hz
7. Ulangi kegiatan 1 sampai dengan 3 dengan menggunakan beban 100 gram dan tali dengan panjang 1,5 m.
   Jumlah getaran = 10 getaran, waktu yang diperlukan = ... sekon.
   Sehingga : periode getaran = ... sekon
   frekuensi getaran = ... Hz

8. Masukkan data periode dan frekuensi dari data nomor 5, 6, dan 7 pada tabel berikut!

No.	Massa Beban	Panjang Tali	Periode	Frekuensi
1.	50 gram	1 meter	....	....
2.	100 gram	1 meter	....	....
3.	100 gram	1,5 meter	....	....

Diskusi:

1. Berpengaruhkah massa beban yang digantung terhadap nilai periode dan frekuensi? (Berdasarkan data mana?)
2. Berpengaruhkah panjang tali penggantung beban terhadap nilai periode dan frekuensi? (Berdasarkan data mana?)

Informasi

1. *Nilai periode dan frekuensi getaran ayunan sederhana dipengaruhi oleh panjang tali.*
2. *Persamaan periode dan frekuensi getaran ayunan sederhana dinyatakan dengan:*

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad \text{dan} \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

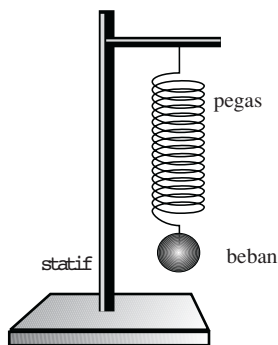
ℓ = *panjang tali*
g = *percepatan gravitasi*
$\pi = 3{,}14$

Kesimpulan

Tulis kesimpulan kamu dari hasil percobaan di atas!

Kegiatan 15.2 Getaran pegas

1. Tujuan : Menentukan periode dan frekuensi getaran pegas.
2. Alat dan Bahan :
   1. beban 50 gram (3 buah)
   2. beban 100 gram (1 buah)
   3. stop watch (1 buah)
   4. statif (1 set)
   5. pegas (2 buah)

3. Langkah kerja:

1. Rakitlah alat dan bahan seperti gambar 2 di samping, dan gunakan salah satu jenis pegas yang tersedia dengan beban yang digantung 150 gram.
2. Tarik beban ke bawah sedikit saja kemudian lepaskan beban dengan pelan-pelan dan biarkan beban bergetar.
3. Setelah beban bergetar dengan teratur, catat waktu yang diperlukan beban untuk 10 getaran. Jumlah getaran = 10 getaran, waktu yang diperlukan = ... sekon.

   Sehingga : Periode getaran = ... sekon

   Frekuensi getaran = ... Hz
4. Ulangi kegiatan 1 sampai dengan 3 dengan menggunakan pegas yang tetap, tetapi dengan beban 250 gram.

   Jumlah getaran = 10 getaran, waktu yang diperlukan = ... sekon.

   Sehingga : Periode getaran = ... sekon

   Frekuensi getaran = ... Hz
5. Ulangi kegiatan 1 sampai dengan 3 dengan menggunakan jenis pegas yang kedua dengan beban 250 gram.

   Jumlah getaran = 10 getaran, waktu yang diperlukan = ... sekon.

   Sehingga : Periode getaran = ... sekon

   Frekuensi getaran = ... Hz
6. Masukkan data periode dan frekuensi dari data nomor 3, 4, dan 5 pada tabel di bawah ini.

No.	Jenis Pegas	Massa Beban	Periode	Frekuensi
1.	Pegas I	150 gram	....	....
2.	Pegas I	250 gram	....	....
3.	Pegas II	250 gram	....	....

Diskusi

1. Berpengaruhkah massa beban yang digantung terhadap nilai periode dan frekuensi? (Berdasarkan data mana?)
2. Berpengaruhkah jenis pegas yang digunakan terhadap nilai periode dan frekuensi? (Berdasarkan data mana?)

Informasi

1. *Jenis pegas menentukan nilai konstanta gaya pegas.*
2. *Percepatan gravitasi tidak berpengaruh terhadap periode dan frekuensi getaran pegas.*
3. *Persamaan periode dan frekuensi getaran pegas dinyatakan dengan:*

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \quad \text{dan} \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$$

m = *massa beban*

k = *konstanta pegas*

Kesimpulan

Tulis kesimpulan kamu dari hasil percobaan di atas!

Contoh soal:

1. Dalam waktu 5 detik, dapat terjadi 20 getaran penuh.
   a. Berapakah periodenya?
   b. Berapakah frekuensinya?

   Penyelesaian:

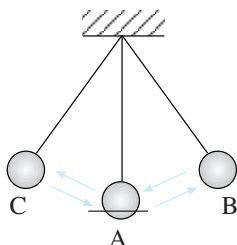
   Diketahui: t = 5 detik
   N = 20 getaran

   Ditanya : a. T
   b. f

   Jawab :

   a. $T = \frac{t}{N} = \frac{5 \text{ detik}}{20} = \frac{1}{4} \text{detik}$

   b. $f = \frac{N}{t} = \frac{20 \text{ getaran}}{5 \text{ detik}} = 4 \text{ Hz}$

2. Perhatikan gambar berikut, jika untuk bergerak dari B ke C memerlukan waktu 0,5 detik, maka berapakah periode getaran tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : N = 0,5 getaran
t = 0,5 detik

Ditanya : T

Jawab :

$$T = \frac{t}{N} = \frac{0,5 \text{ detik}}{0,5} = 1 \text{ detik}$$

3. Suatu getaran mempunyai periode $\frac{1}{5}$ menit. Berapakah frekuensi getaran tersebut?

   Penyelesaian:

   Diketahui : T = $\frac{1}{5}$ menit = 12 detik

   Ditanya : f = ...?

   Jawab :

   $$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12}\,\text{Hz}$$

UJI PEMAHAMAN

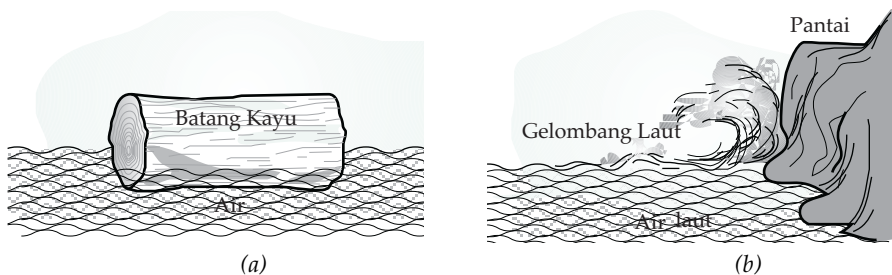
Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Waktu yang diperlukan untuk melakukan 270 getaran adalah 3/4 menit.
   Hitung:
   a. periode getarannya
   b. frekuensi getarannya
2. Faktor apa yang berpengaruh terhadap periode pada:
   a. ayunan sederhana
   b. getaran pegas

B. GELOMBANG

1. Pengertian Gelombang

(a)

(b)

Gambar 15.4

Keterangan:

Gambar 15.4 (a) : Batang kayu terapung di atas permukaan air. Jika terdapat gelombang air yang merambat melalu batang kayu, hanya membuat batang kayu bergerak naik turun (bergetar) terhadap titik setimbangnya.

Gambar 15.4 (b) : Gelombang air laut dapat menyebabkan kerusakan pada pantai (abrasi), berarti dalam gelombang air laut tersimpan energi.

Apakah sebenarnya gelombang itu?

Perhatikan penjelasan di bawah ini.

Pada dasarnya banyak cara rambatan energi, misalnya sebagai berikut.

a. Rambatan energi dengan gerakan materi sebagai keseluruhan.

   Contoh: angin, peluru yang menuju sasarannya.

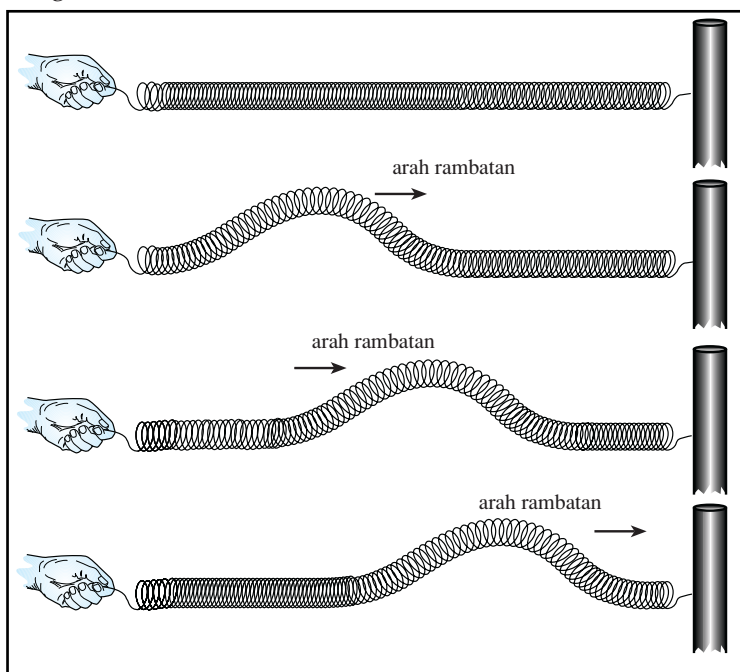
b. Rambatan energi dengan perantaraan partikel-partikel.

   Contoh: konduksi kalor, arus listrik yang melalui kawat penghantar.

c. Rambatan energi dengan perantaraan gelombang.

   Contoh: Batu yang dilemparkan ke dalam air yang tenang akan menimbulkan riak-riak yang menjalar ke tepian. Energi yang terlepas dari suatu ledakan dapat memecahkan kaca jendela yang jauh letaknya.

Dalam hal ini, kita akan membahas rambatan energi dengan perantaraan gelombang. Mungkin kalian pernah pergi ke pantai untuk menikmati keindahan pemandangan pantai sekaligus melihat indahnya gelombang laut. Jika kalian merasakan rambatan gelombang air laut tersebut, tentu kalian merasakan adanya dorongan dari gelombang air laut tersebut. Jadi, dalam hal ini jelas bahwa gelombang air laut tersebut membawa suatu energi. Bahkan jika energi gelombang air laut tersebut sangat besar, dapat memecah karang laut, kapal laut, dan mengadakan abrasi.

Apa sebenarnya gelombang itu? Untuk itu perhatikan percobaan dengan menggunakan slingki di bawah ini.

Gambar 15.5 Arah rambatan gelombang

Pada gambar (a): slingki dalam keadaan setimbang. Jika kemudian pada ujung slingki yang bebas (ujung A) diberi gangguan (usikan) maka terjadi rambatan usikan dalam slingki yang ditunjukkan oleh gambar (b), (c), dan (d).

Jika usikan yang kita berikan pada ujung A dilakukan terus menerus maka terjadi rambatan usikan yang juga terus menerus. Pola perambatan usikan yang ditunjukkan oleh slingki tersebut disebut gelombang.

Jadi, gelombang adalah usikan yang merambat.

Dalam usikan atau gangguan tersebut terkandung suatu energi. Jadi, dapat juga dikatakan:

Gelombang adalah suatu bentuk rambatan energi.

2. Macam Gelombang

Perkataan gelombang sering kita dengar, misalnya:

a. Gelombang bunyi
b. Gelombang air
c. Gelombang radio
d. Gelombang TV dan lain lain.

Dari beberapa contoh tersebut dapat kita kelompokkan menjadi dua, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik.

a. Gelombang mekanik, yaitu gelombang yang merambat memerlukan zat perantara.

   Contoh: gelombang bunyi, gelombang tali, dan gelombang air.

b. Gelombang elektromagnetik, yaitu gelombang yang dapat merambat tanpa zat perantara.

   Misalnya: gelombang radio, TV, radar, dan cahaya.

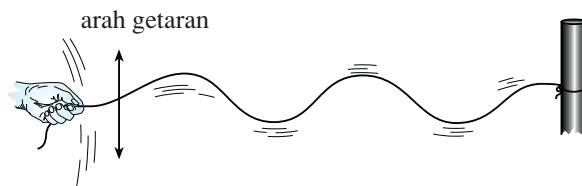
3. Bentuk Gelombang

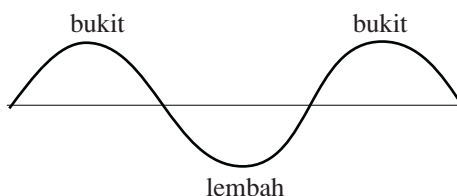
Dari penjelasan di atas ternyata gelombang dapat merambat. Apakah yang merambat pada gelombang itu?

Untuk memahami mengenai apakah yang merambat pada gelombang, kita ikuti percobaan mengenai bentuk gelombang berikut.

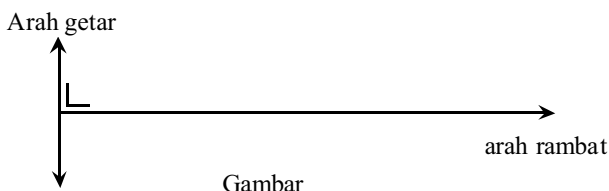
Bentuk gelombang ada dua macam:

a. Gelombang Transversal

Bila kita sentakkan naik turun ujung tali yang ujung lainnya terikat pada tiang maka akan terbentuk pola gelombang seperti pada gambar 15.6.

Gambar 15.6 Gelombang transversal

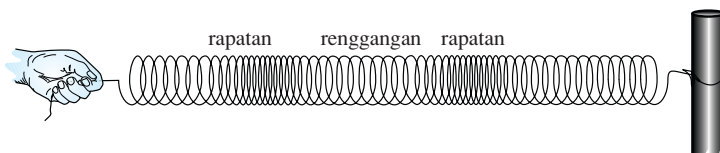
Bentuk gelombang seperti itu disebut bentuk gelombang transversal. Pada gelombang transversal, bagian gelombang yang melengkung ke atas disebut bukit gelombang dan bagian yang melengkung ke bawah disebut lembah gelombang.

Gambar 15.7 Bentuk lembah dan bukit pada gelombang transversal

Jika pada tali kita letakkan beberapa kertas dan kertas-kertas ini kita letakkan agak berjauhan maka selama terbentuk gelombang pada tali, kertas-kertas tersebut hanya bergerak naik turun. Sehingga selama terbentuk gelombang pada tali hanya usikannya (gangguannya) yang merambat.

Bila arah getar dan arah rambat gelombang transversal kita gambarkan di dapat.

Gambar 15.8 Arah getar dan arah rambat gelombang transversal

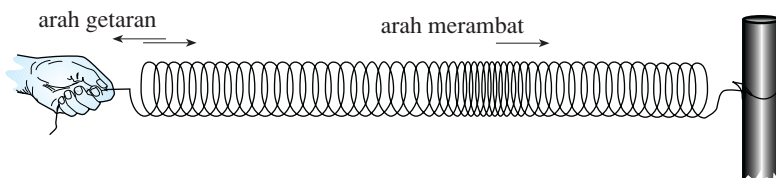
Dari gambar di atas gelombang transversal dapat didefinisikan sebagai gelombang yang arah rambatannya tegak lurus dengan arah getarannya.

b. Gelombang Longitudinal

Untuk melihat bentuk gelombang longitudinal, kita rentangkan sebuah slingki sepanjang 3 m. Sentakkan ke depan dan ke belakang secara berulang-ulang. Maka akan terbentuk gelombang seperti gambar 15.9.

Gambar 15.9 Gelombang longitudinal

Bentuk gelombang seperti tampak di atas adalah bentuk gelombang longitudinal. Pada gelombang longitudinal, bagian yang merapat disebut rapatan dan bagian yang merenggang disebut renggangan.

Jika pada slingki kita letakkan beberapa kertas dan kertas-kertas ini kita letakkan agak berjauhan maka selama terbentuk gelombang pada slingki kertas bergerak maju mundur. Dengan demikian selama terbentuk gelombang pada slingki hanya usikan (gangguan) yang merambat.

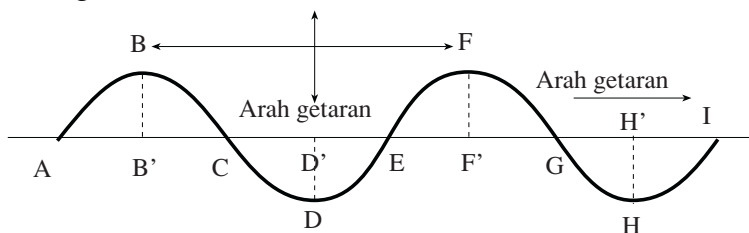
Bila arah getar dan arah rambat gelombang longitudinal kita gambarkan didapat:

Gambar 15.10 Arah getar dan arah rambat gelombang longitudinal

Dari gambar tersebut, gelombang longitudinal dapat didefinisikan sebagai gelombang yang arah rambatannya berimpit dengan arah getarnya.

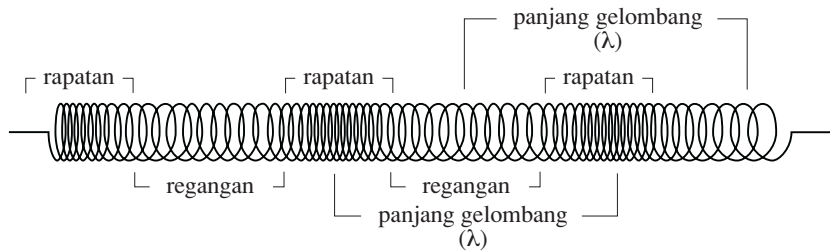
Dari kedua percobaan di atas, di dapat bahwa gelombang adalah bentuk dari getaran yang merambat di dalam suatu medium (zat perantara). Jadi, getaran hanya dapat merambat jika ada zat perantaranya. Pada peristiwa perambatan gelombang hanya usikan yang merambat, sedang zat perantaranya tidak ikut merambat. Perambatan gelombang merupakan salah satu cara perambatan energi.

4. Panjang Gelombang (λ)

Panjang gelombang (λ) adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam satu periode.

a. Pada Gelombang Transversal

Gambar 15.11 Bentuk gelombang transversal

1) A – B – C – D – E atau B – C – D – E – F disebut satu gelombang.
2) A – B – C atau E – F – G disebut gunung gelombang.
3) C – D – E atau G – H – I disebut lembah gelombang.
4) B atau F disebut puncak gelombang
5) D atau H disebut dasar gelombang
6) A – E atau B – F atau C – G disebut panjang gelombang
7) BB′ = DD′ = FF′ = HH′ disebut amplitudo

b. Pada Gelombang Longitudinal

Gambar 15.12 Rapatan dan regangan pada gelombang longitudinal

Pada gelombang longitudinal satu panjang gelombang adalah jarak antara pusat rapatan dengan pusat rapatan lain yang berdekatan atau jarak antara pusat renggangan dengan pusat renggangan lain yang berdekatan.

5. Hubungan Antara Panjang Gelombang, Periode, Frekuensi, dan Kecepatan Rambatan Gelombang

Cepat rambat gelombang (v) adalah jarak yang ditempuh gelombang tiap satu satuan waktu.

Periode gelombang (T) adalah waktu yang diperlukan oleh satu gelombang penuh untuk melalui sebuah titik.

Frekuensi gelombang (f) adalah jumlah gelombang yang melalui sebuah titik dalam waktu 1 detik.

Hubungan antara λ, T, f dan v dapat dinyatakan dengan persamaan:

1. $\lambda = v \cdot T$
2. $\lambda = \frac{v}{f}$
3. $T = \frac{1}{f}$

Satuan dalam SI:

λ dalam meter
v dalam m/detik
T dalam detik
f dalam Hz

Untuk cepat rambat gelombang dapat juga dirumuskan:

$$S = v \cdot t$$

S = jarak yang ditempuh
v = cepat rambat gelombang
t = waktu

Contoh soal:

1. Suatu gelombang merambat dengan kecepatan 10 m/detik. Jika panjang gelombangnya 2 m, berapakah periode dan frekuensi gelombang tersebut?

   Penyelesaian:

   Diketahui : v = 10 m/detik
   λ = 2 m

   Ditanya : a. T
   b. f

Jawab :

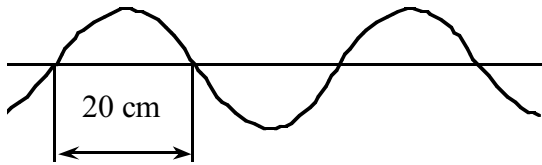
a. $T = \dfrac{\lambda}{v}$

$= \dfrac{2}{10}$

$= 0{,}2$ detik

b. $f = \dfrac{1}{T}$

$= \dfrac{1}{0{,}2}$

$= 5$ Hz

2. Gambar di samping melukiskan gelombang tali yang sedang merambat. Jika periode gelombangnya = 2 detik, berapakah cepat rambat gelombang tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $0{,}5\ \lambda = 20$ cm

$\lambda = 40$ cm

$T = 2$ detik

Ditanya : v

Jawab :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{40}{20} = 20 \text{ cm/detik}$$

3. Gelombang laut dalam waktu 10 detik dapat menempuh jarak 50 meter. Berapakah cepat rambat gelombang laut tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $t = 10$ detik

$S = 50$ meter

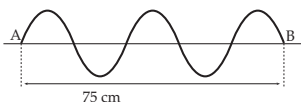
Ditanya : v

Jawab :

$$v = \frac{S}{t} = \frac{50 \text{ m}}{10} = 5 \text{ m/detik}$$

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Perhatikan gambar gelombang transversal di bawah ini!

   a. Berapakah jumlah gelombang yang terjadi?
   b. Berapakah panjang gelombangnya?
   c. Jika untuk menempuh jarak AB perlu waktu 15 detik, berapa periode gelombangnya?

2. Gelombang longitudinal terdiri atas 4 kerapatan dan 3 renggangan. Jarak antara 2 rapatan 60 cm. Jika cepat rambat gelombang 2 m/s, berapakah frekuensi gelombangnya?

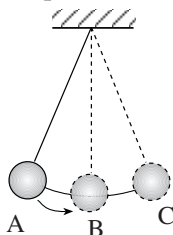
1. Getaran adalah gerak bolak-balik melalui titik setimbang.
2. Amplitudo adalah simpangan terbesar.
3. Simpangan adalah jarak dari titik simpangan sampai titik setimbang.
4. Frekuensi adalah jumlah getaran tiap detik.
5. Periode adalah waktu 1 getaran.
6. Hubungan antara frekuensi dan periode dinyatakan dengan:

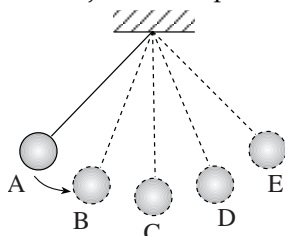
   $T = \frac{1}{f}$ atau $f = \frac{1}{T}$ dan $T = \frac{N}{t}$ dan $T = \frac{t}{N}$

7. Ciri suatu getaran ditandai dengan frekuensi, periode, dan amplitudo.
8. Gelombang adalah usikan yang merambat.
9. Gelombang mekanik terbagi menjadi dua yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal.
10. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambat gelombang.
11. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getar berimpit dengan arah rambat gelombang.
12. Panjang gelombang adalah jarak tempuh gelombang dalam satu periode.
13. Cepat rambat gelombang adalah jarak yang ditempuh gelombang tiap satu satuan waktu.
14. Hubungan antara V, l dan f, yaitu $V = \lambda . f$
15. Hubungan antara V, λ dan T, yaitu $V = \frac{\lambda}{T}$

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d, di depan jawaban yang tepat!

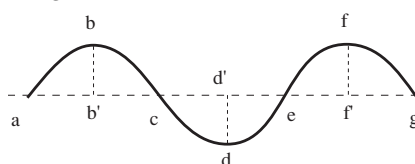
1. Pada ayunan di bawah ini yang menunjukkan satu getaran sempurna adalah ....

   a. A – B – C
   b. A – B – C – B
   c. A – B – C – B – A
   d. A – B – C – B – A – B

2. Pada gambar di bawah ini, yang menunjukkan amplitudo adalah ....

   a. jarak a – b   c. jarak a – e
   b. jarak c – d   d. jarak c – e

3. Semakin panjang tali suatu ayunan sederhana, maka periodenya ....
   a. semakin kecil
   b. tidak berubah
   c. berubah secara konstan
   d. semakin besar

4. Sebuah bandul diayunkan dengan simpangan 4 cm ternyata periodenya 1,5 sekon. Jika bandul diayunkan dengan simpangan 2 cm, maka periode menjadi ....
   a. 0,75 sekon   c. 3 sekon
   b. 1,5 sekon   d. 6 sekon

6. Dalam perambatannya, gelombang memindahkan ....
   a. materi
   b. energi
   c. frekuensi
   d. panjang gelombang

7. Pada gambar di bawah ini yang menunjuk-kan amplitudo gelombang adalah ....

   a. jarak a – c   c. jarak a – e
   b. jarak b – b′   d. jarak b – d

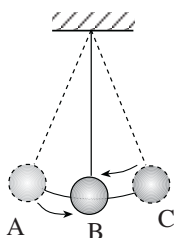
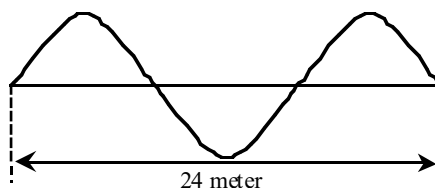
8. Yang mempengaruhi besar kecilnya amplitudo gelombang adalah ... gelombang itu.
   a. energi
   b. arah gerak
   c. frekuensi
   d. cepat rambat

9. Jarak antara pusat rapatan dan pusat renggangan yang berurutan adalah 30 cm. Jika cepat rambat gelombang itu 15 m/s maka frekuensi sumber getarnya adalah ....
   a. 0,25 Hz   c. 2 Hz
   b. 0,50 Hz   d. 4 Hz

10. Jarak antara puncak gelombang dengan lembah gelombang yang berdekatan adalah 40 cm.

    Jika dalam satu detik jarak yang ditempuh gelombang adalah 240 m, berapakah frekuensi dari gelombang itu?
    a. 6 Hz   c. 200 Hz
    b. 30 Hz   d. 300 Hz

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

1. Apakah yang dimaksud dengan
   a. frekuensi
   b. periode
   c. amplitudo
   d. simpangan
2. Perhatikan gambar di bawah ini!

   Sebuah bandul bergerak bolak-balik dengan amplitudo konstan.
   a. Kecepatan bandul maksimum terjadi di titik ....
   b. Kecepatan bandul sama dengan nol, terjadi pada titik ....
   c. Energi potensial bandul maksimum, terjadi pada titik ....
   d. Energi kinetik bandul maksimum, terjadi pada titik ....
3. Gambarkan skema gelombang transversal beserta penjelasannya dengan panjang amplitudo 2,5 cm dan panjang gelombangnya 10 cm!
4. Dalam selang waktu tertentu terjadi gelombang air laut seperti terlihat pada gambar di bawah ini!

   Jika cepat rambat gelombang air itu 4 m/s, Hitunglah:
   a. panjang gelombang air
   b. periode gelombangny!
5. Dua buah gabus A dan B turun naik secara bergantian. Jika A berada pada puncak gelombang maka B berada pada lembah gelombang. Di antara A dan B terdapat sebuah puncak gelombang lagi. Jarak antara A dan B adalah 12 meter dan waktu yang diperlukan B untuk mencapai puncak adalah 2,5 sekon. Hitunglah:
   a. panjang gelombangnya
   b. cepat rambat gelombangnya!

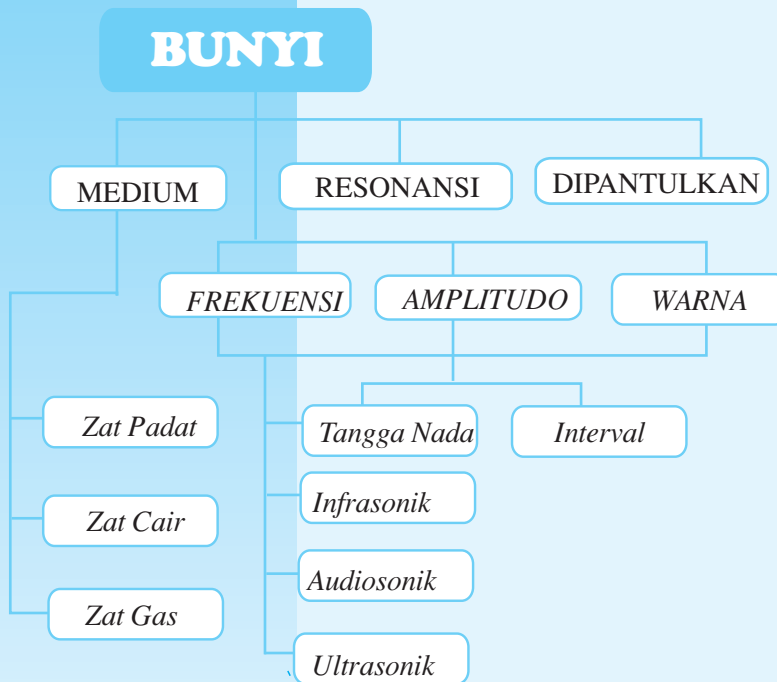
BAB 16

BUNYI

Standar Kompetensi:

Memahami konsep dan penerapan getaran, gelombang dan optik dalam produk teknologi sehari-hari.

Kompetensi Dasar:

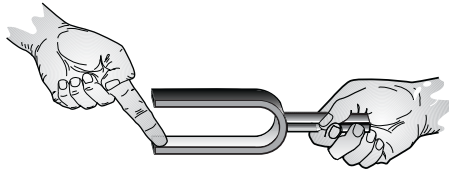
Mendeskripsikan konsep bunyi dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam kehidupan sehari-hari manusia berkomunikasi hampir selalu menggunakan bunyi (suara). Dalam hal ini, bunyi atau suara yang dimaksud adalah bunyi yang keluar dari organ mulut sehingga menghasilkan serangkaian bunyi dalam bentuk kata-kata yang bermakna. Dengan demikian bunyi merupakan sesuatu yang sangat penting bagi kehidupan kita. Bagaimanakah bunyi dapat terjadi? Ikutilah kegiatan di bawah ini.

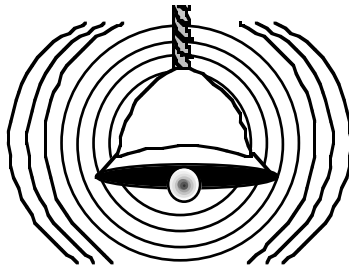
Jika kita pegang tenggorokan kita pada saat bersuara, maka terasa getaran pada tenggorokan tersebut.

Gambar 16.1 Tenggorokan bergetar saat berbicara

Bila garpu tala dibunyikan, kemudian kita sentuhkan ke jari tangan akan kita rasakan getaran pada jari tangan kita.

Dari kegiatan tersebut dapat disimpulkan:

Bunyi adalah hasil suatu getaran

Gambar 16.2 Garpu tala bergetar menghasilkan bunyi

Bunyi dihasilkan oleh sumber bunyi yang merambat di udara dalam bentuk gelombang longitudinal.

Gambar 16.3
Rambatan bunyi di udara berbentuk gelombang longitudinal

A. SYARAT BUNYI DIKATAKAN ADA

Bunyi dikatakan ada jika memenuhi tiga syarat sebagai berikut.

1. Harus ada sumber bunyi

Sumber bunyi adalah benda atau alat yang dapat mengeluarkan bunyi.

Contoh: dawai (senar), seruling, genderang, gong, dan petasan.

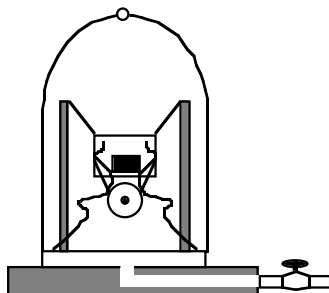
2. Harus ada zat perantara

Gelombang bunyi termasuk gelombang mekanik, jadi untuk merambat memerlukan zat perantara.

Zat perantara bunyi dapat berupa zat padat, zat cair, dan gas (udara). Bunyi merambat paling cepat di dalam zat perantara zat padat dan paling lambat di dalam zat perantara zat gas (udara).

Gambar 16.4 Zat padat lebih cepat merambatkan bunyi di banding udara

Gambar di atas menggambarkan seorang anak yang ingin mengetahui apakah ada kereta api yang akan lewat dengan jalan menempelkan telinganya pada rel kereta api.

Bunyi tidak dapat merambat dalam ruang hampa udara, hal tersebut dapat ditunjukkan dengan alat di bawah ini.

Gambar 16.5 Bunyi tidak merambat dalam ruang hampa udara

Sebelum udara dalam tabung kaca dipompa keluar, bunyi bel listrik terdengar jelas. Setelah udara dalam tabung kaca dipompa keluar, bunyi bel listrik hampir tidak kedengaran, meskipun pemukul bel terlihat bergerak.

3. Harus Ada Pendengar

B. CEPAT RAMBAT BUNYI

Bunyi merambat dari suatu tempat ke tempat lain memerlukan waktu. Semakin jauh jarak yang ditempuh oleh bunyi semakin lama waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut. Bila kita melihat orang yang memukul kentongan dari kejauhan, kita akan mendengar bunyi kentongan setelah beberapa saat pemukul kentongan diangkat dari kentongan.

Ini salah satu bukti bahwa untuk merambat bunyi membutuhkan waktu. Jarak yang ditempuh bunyi dalam waktu satu detik disebut *cepat rambat bunyi* (v).

$$v = \frac{s}{t}$$

v = cepat rambat bunyi (dalam m/s)
s = jarak tempuh (dalam meter)
t = waktu tempuh (dalam detik)

Contoh soal:

Ali berteriak memanggil Amir dari jarak 600 m. Jika cepat rambat bunyi di udara saat itu 300 m/s. Setelah berapa detikkah Amir mendengar panggilan Ali?

Penyelesaian:

Diketahui : s = 600 m
v = 300 m/s

Ditanya : t = ...?

Jawab :

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{600}{300} = 2 \text{ detik}$$

Jadi, Amir mendengar panggilan Ali setelah 2 detik.

Cepat rambat bunyi di Udara

Cepat rambat bunyi di udara diselidiki oleh **Mool dan Van Beek**. Ilmuwan berkebangsaan Belanda. Dalam percobaannya, mereka menggunakan sumber bunyi meriam yang ditempatkan pada puncak-puncak gunung yang terpisah pada jarak 17 km. Dari hasil percobaannya ternyata cepat rambat bunyi di udara dipengaruhi 2 faktor, yaitu:

a. suhu udara
b. berat molekul udara

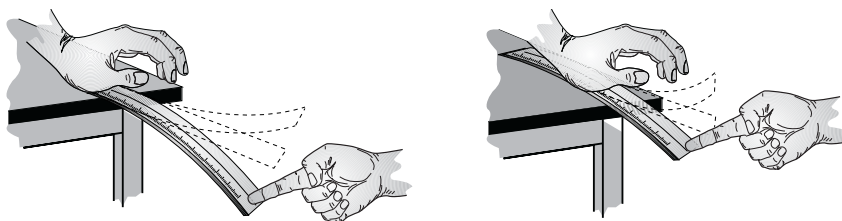
Cepat rambat bunyi pada suhu yang sama tetapi pada zat yang berbeda ternyata berbeda. Tabel berikut menyajikan cepat rambat bunyi dalam berbagai zat pada suhu 20°C.

Tabel Cepat rambat bunyi dalam berbagai zat

Nama Zat	Cepat Rambat Dalam m/s
Gas karbon	267
Gabus	600
Air	1446
Kaca	5170
Aluminium	5000
Besi	5120
Timah	1190
Emas	2030

UJI PEMAHAMAN

1. Bagaimanakah cepat rambat bunyi di udara pada suhu 20^o C dibandingkan dengan suhu 30^{o}C? Jelaskan!
2. Seorang pejalan kaki mendengar guntur setelah 4 detik dari munculnya kilat. Cepat rambat bunyi di udara 300 m/s. Berapa jarak antara pejalan kaki dengan pusat kilat?

C. BATAS PENDENGARAN MANUSIA

Gambar 16.6 Percobaan sederhana untuk mengetahui batas pendengaran

Bila penggaris pada gambar A digetarkan kita tak dapat mendengar getarannya, sedangkan bila penggaris pada gambar B digetarkan kita dapat mendengar getarannya. Dari percobaan tersebut menunjukkan bahwa ada bunyi yang tidak dapat didengarkan oleh manusia dan ada bunyi yang dapat didengarkan oleh manusia. Berdasarkan hasil penelitian, telinga manusia hanya dapat mendengar bunyi yang frekuensinya antara 20 Hz sampai 20.000 Hz.

Bunyi dengan getaran antara 20 Hz sampai 20.000 Hz dinamakan *audiosonic*. Bunyi dengan getaran kurang dari 20 Hz dinamakan *infrasonic* (*infra* = bawah, *sono* = bunyi). Beberapa binatang yang dapat mendengar bunyi infra antara lain jengkerik dan anjing. Bunyi dengan getaran lebih dari 20.000 Hz dinamakan *ultrasonic* (*ultra* = lebih, *sonic* = bunyi). Beberapa binatang yang dapat mendengar bunyi ultrasonik antara lain kelelawar dan lumba-lumba.

Kegunaan ultrasonik antara lain sebagai berikut.

a. Untuk kelelawar, bunyi ultrasonik digunakan sebagai alat kontrol agar kelelawar terhindar dari tabrakan dengan benda-benda di depannya, dengan jalan kelelawar selalu memancarkan gelombang-gelombang ultra sonik pada waktu terbang. Jika kelelawar menangkap kembali bunyi ultra soniknya berarti di depannya terdapat halangan dengan demikian ia terhindar dari tabrakan.

b. Dalam bidang kedokteran

   Ultrasonik digunakan untuk mempelajari bagian-bagian dalam tubuh yang tidak boleh terkena sinar X, misalnya janin dalam kandungan.

c. Dalam bidang industri

   Ultrasonik digunakan untuk menemukan keretakan bagian dalam dari sambungan logam, mengaduk campuran susu agar homogen, memusnahkan bakteri pada makanan yang diawetkan dalam kaleng.

D. NADA

Nada adalah bunyi yang frekuensinya tertentu dan teratur serta enak didengar. Nada dapat dihasilkan oleh alat-alat musik misalnya piano, gitar, seruling, biola.

Sifat-sifat penting bunyi

1. Frekuensi bunyi

Frekuensi bunyi menentukan tinggi rendahnya bunyi. Semakin besar frekuensi bunyi, semakin tinggi bunyi yang dihasilkan.

Contoh: Nada C berfrekuensi 264 Hz dan nada D berfrekuensi 297 Hz, maka nada C lebih rendah dari nada D.

2. Amplitudo bunyi

Amplitudo adalah simpangan terjauh yang dilakukan oleh getaran sumber bunyi. Amplitudo bunyi menentukan keras lemahnya bunyi. Semakin besar amplitudonya semakin keras bunyi yang dihasilkan.

Contoh: Sebuah genderang yang dipukul pelan menghasilkan bunyi yang lemah sebab amplitudo yang dihasilkan kecil. Tetapi jika genderang tersebut dipukul keras, menghasilkan bunyi yang keras pula sebab amplitudo yang dihasilkan besar.

c. Warna bunyi

Warna bunyi menentukan ciri khas sumber bunyi.

Nada C yang dihasilkan sebuah gitar akan terdengar berbeda dengan nada C yang dihasilkan oleh piano.

Pada nada didapat hal-hal sebagai berikut.

a. Tangga nada

Tangga nada yaitu susunan nada-nada dengan perbandingan frekuensi tertentu.

Tangga nada dalam seni suara (seni musik), antara lain:

1	2	3	4	5	6	7	1′
do	re	mi	fa	sol	la	si	do
atau							
C	D	E	F	G	A	B	C′

Dengan perbandingan frekuensi

24 : 27 : 30 : 32 : 36 : 40 : 45 : 48

Dengan perbandingan tersebut, maka frekuensi nada yang dihasilkan dapat ditentukan. Untuk itu, telah ditetapkan secara internasional bahwa frekuensi nada A adalah 440 Hz.

b. Interval nada

Interval nada yaitu perbandingan frekuensi suatu nada dengan frekuensi nada lain yang lebih rendah.

Contoh:

Interval nada-nada terhadap nada C:

C	:	C	=	24	:	24	=	1	:	1 disebut prime
D	:	C	=	27	:	24	=	9	:	8 disebut sekonde
E	:	C	=	30	:	24	=	5	:	4 disebut terts
F	:	C	=	32	:	24	=	5	:	4 disebut kuarts
G	:	C	=	36	:	24	=	4	:	3 disebut quint
A	:	C	=	40	:	24	=	5	:	3 disebut sext
B	:	C	=	45	:	24	=	15	:	8 disebut septim
C′	:	C	=	48	:	24	=	2	:	1 disebut oktaf

Contoh soal:

1. Tentukan frekuensi nada C jika frekuensi nada A = 440 Hz

   Penyelesaian:

   Diketahui: f_A = 400 Hz

   Ditanya: f_c = ...?

   Jawab:

   $f_C : f_A = 24 : 40$

   $f_C : 440 = 24 : 40$

   $f_C = 264$ Hz

2. Nada I adalah oktaf lebih tinggi dari nada II. Jika frekuensi nada I = 350 Hz, berapa frekuensi nada II?

   Penyelesaian :

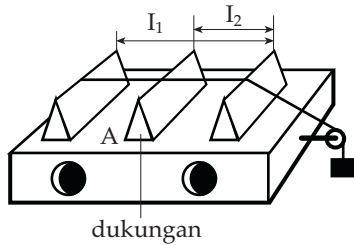
   Diketahui : Nada I adalah oktaf dari nada II

   f_I = 350 Hz

   Ditanya : f_{II} = ...?

Jawab:

$$f_I : f_{II} = 2 : 1$$
$$350 : F_{II} = 2$$
$$\frac{350}{F_{II}} = 2$$
$$f_{II} = 175 \text{ Hz}$$

Tinggi rendahnya nada yang dihasilkan oleh senar/dawai dapat ditentukan dengan alat yang disebut sonometer, dengan berdasar hukum Mersenne.

Gambar 16.7
Sonometer

Berdasarkan hukum Mersenne, tinggi nada dari senar/dawai:

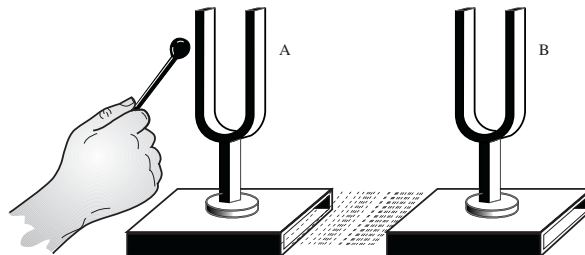
a. berbanding terbalik dengan panjang senar/dawai
b. sebanding dengan akar tegangan senar/dawai
c. berbanding terbalik dengan akar massa jenis senar/dawai
d. berbanding terbalik dengan akar luas penampang senar/dawai

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Berapa frekuensi nada G, jika frekuensi nada C = 264 Hz?
2. Nada X terts lebih tinggi dari nada Y. Frekuensi nada Y = 200 Hz, berapa frekuensi nada X?

E. RESONANSI

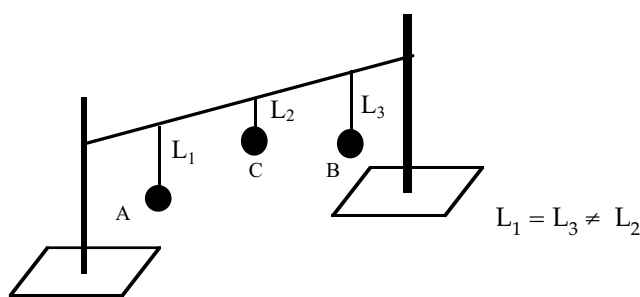
Mungkin kalian pernah mendengar kaca jendela tiba-tiba bergetar pada saat ada kendaraan bermotor yang lewat di dekatnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Untuk memahami hal tersebut perhatikan percobaan di bawah ini.

Gambar 16.8 Resonansi bunyi oleh garpu tala

Gambar 16.8 di atas dua buah garpu tala yang mempunyai frekuensi sama diletakkan pada kotak yang diberi kotak udara. Jika garpu tala A kemudian digetarkan dengan cara dipukul dengan alat pemukul dan dibiarkan bergetar beberapa saat kemudian dipegang hingga berhenti bergetar, ternyata garpu tala B yang didekatnya terlihat masih bergetar.

Hal tersebut bisa terjadi karena getaran yang dihasilkan oleh garpu tala A merambat di udara dan menggetarkan garpu tala B. Peristiwa itu disebut resonansi. Tetapi seandainya frekuensi garpu tala B tidak sama dengan frekuensi garpu tala A, maka garpu tala B tidak akan bergetar. Jadi, dapat disimpulkan resonansi adalah ikut bergetarnya suatu sumber bunyi akibat sumber bunyi yang lain.

Syarat terjadinya resonansi adalah frekuensi sumber-sumber bunyi tersebut sama. Akibat resonansi yaitu dapat memperkuat bunyi aslinya.

Beberapa alat yang dapat menunjukkan peristiwa resonansi antara lain sebagai berikut.

1. Beberapa beban yang digantung dengan tali

Gambar 16.9 Tiga buah batu yang digantung dengan benang

Pada saat beban A diayun ternyata beban B ikut berayun, beban C diam.

Pada saat beban B diayun ternyata beban A ikut berayun, beban C diam.

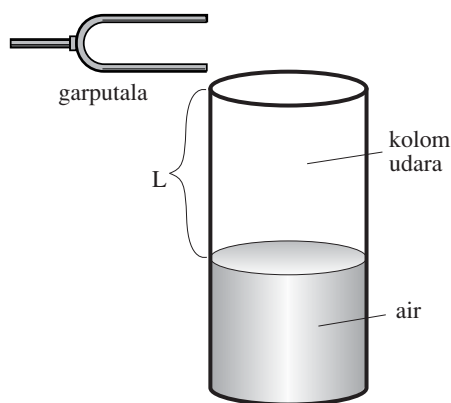
Pada saat beban C diayun beban A diam dan beban B diam.

Maka pada beban yang digantung dengan tali dapat diambil kesimpulan agar dapat terjadi resonansi panjang tali penggantung harus sama.

2. Kolom udara

Jika garpu tala dengan frekuensi tertentu dibunyikan di atas kolom udara, kemudian kolom udara digerakkan naik turun, maka suatu saat terdengar bunyi yang lebih keras dari bunyi aslinya secara berulang-ulang. Pada saat terdengar bunyi yang keras dari bunyi aslinya tersebut dikatakan dalam kolom udara terjadi peristiwa resonansi.

Pada saat terjadi perkerasan pertama dikatakan terjadi resonansi I.

Pada saat terjadi perkerasan kedua dikatakan terjadi resonansi II.

Gambar 16.10 kolom udara

Pada saat terjadi perkerasan ketiga dikatakan terjadi resonansi III dan seterusnya

Resonansi I syaratnya jika L = $\frac{1}{4}\lambda$

Resonansi IIsyaratnya jika L = $\frac{3}{4}\lambda$

Resonansi III syaratnya jika L = $\frac{5}{4}\lambda$

Keterangan:

L adalah panjang kolom udara di atas permukaan air.

λ adalah panjang gelombang bunyi yang terbentuk.

Dengan percobaan resonansi pada kolom udara tersebut dapat ditentukan kecepatan bunyi di udara pada saat itu dengan menggunakan persamaan:

$$V = \lambda \cdot f$$

v adalah kecepatan bunyi (dalam m/detik)

λ adalah panjang gelombang (dalam meter)

f adalah frekuensi sumber bunyi (dalam Hz)

Contoh soal:

1. Sebuah garpu tala dibunyikan di atas kolom udara yang dimasukkan ke dalam air. Perkerasan pertama terjadi pada saat panjang kolom udara di atas permukaan air = 20 cm.
   a. Berapa panjang gelombang yang terjadi saat itu?
   b. Berapa panjang kolom udara di atas permukaan air agar terjadi perkerasan ketiga?

   Penyelesaian:

   Diketahui: L = 20 Hz

   Resonansi I

Ditanya: a. λ

b. L agar terjadi perkerasan ketiga

Jawab:

a. Resonansi I jika:

$L = \frac{1}{4}\lambda$

$\lambda = 4\ L$

$\lambda = 4\ .\ 20 = 80$ cm

b. Resonansi ketiga jika:

$L = \frac{5}{4}\lambda$

$L = \frac{5}{4} \times 80 = 100$ cm

2. Sebuah sumber bunyi yang berfrekuensi 400 Hz dibunyikan di atas kolom udara. Perkerasan pertama terjadi pada saat panjang kolom udara di atas permukaan air = 25 cm. Berapakah kecepatan bunyi di udara pada saat itu?

Penyelesaian:

Diketahui : f = 400 Hz; L = 25 cm; Resonansi I

Ditanya : v

Jawab :

Resonansi I jika $L = \frac{1}{4}\lambda$

$\lambda = 4\ L$

$\lambda = 4\ .\ 25 = 100$ cm

$v = \lambda \times f$

$v = 100 \times 400$

$v = 40.000$ cm/s

atau

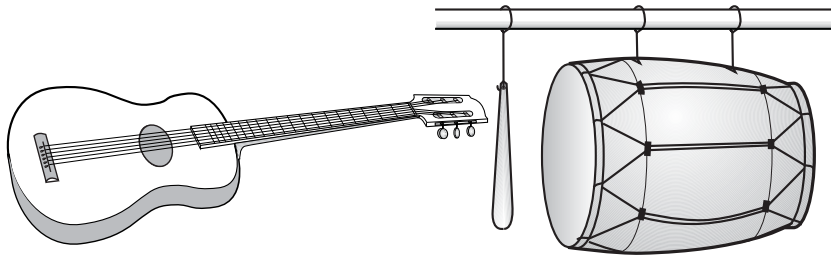
$v = 400$ m/s

Dari kegiatan di atas diperoleh kenyataan bahwa resonansi terjadi bila:

a. frekuensi sumber bunyi sama dengan frekuensi benda yang ikut bergetar,

b. tinggi lajur udara kelipatan ganjil dari $\frac{1}{4}\lambda$ dari sumber bunyi.

Dengan demikian adanya resonansi bunyi, mengakibatkan bunyi asli menjadi lebih keras.

Pada alat-alat seperti gitar, biola, kentongan, beduk, dan lain-lain diberi kotak yang berisi udara. Hal ini dimaksudkan karena udara mudah beresonansi maka bunyi yang dihasilkan oleh alat-alat tersebut menjadi lebih keras.

Gambar 16.11 Resonansi pada alat musik gitar dan kendang

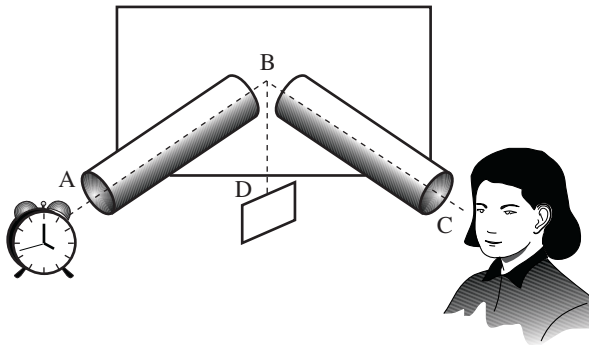
UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Apa fungsi kotak pada gitar akustik?
2. Anita melakukan percobaan resonansi dengan menggunakan 2 buah garpu tala yang berbeda yaitu 400 Hz dan 500 Hz. Saat menggunakan garpu tala 500 Hz, panjang lajur udara dalam tabung 16 cm. Jika Anita menggunakan garpu tala 400 Hz. Berapakah lajur udara dalam tabung? Kedua garpu tala menghasilkan resonansi pertama.

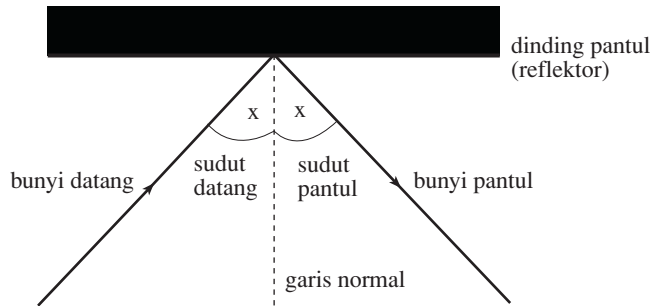
F. PEMANTULAN BUNYI

Sering kita mendengar bunyi teriakan kita sendiri pada saat kita berteriak di dalam gedung, di tengah lapangan, di tengah sawah dan lain-lain. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan bunyi dapat dipantulkan bila mengenai permukaan yang keras.

Suatu cara untuk memperlihatkan pemantulan bunyi dapat dilakukan percobaan seperti di bawah ini.

Gambar 16.12 Percoabaan pemantulan bunyi

Bunyi detik jam dapat didengar, setelah dipantulkan oleh permukaan tembok. Bunyi detik jam terdengar paling jelas, pada saat kedua tabung karton membentuk sudut yang sama dengan permukaan tembok. Itu berarti sudut datang bunyi = sudut pantul bunyi.

Dari hasil percobaan tersebut di dapat hukum pemantulan bunyi:

1. Bunyi datang, garis normal dan bunyi pantul terletak pada satu bidang datar.
2. Besar sudut datang = besar sudut pantul.

Gambar 16.13 Skema pemantulan bunyi

i	= r	r	= sudut pantul
i	= sudut datang	N	= normal bidang pantul

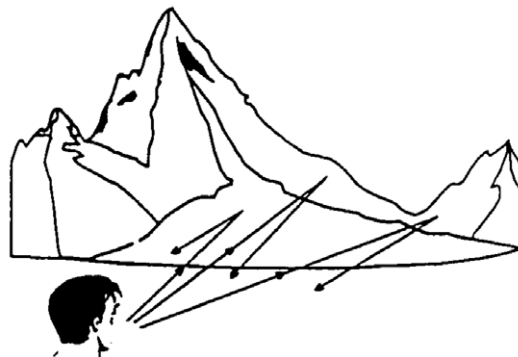
Macam-macam bunyi pantul

1. Gaung (kerdam)

Gaung adalah bunyi pantul yang tidak jelas kedengarannya. Hal ini terjadi karena bunyi pantul yang sebagian terdengar bersamaan dengan bunyi asli. Gaung dapat terjadi disebabkan dinding pemantul agak jauh. Untuk menghilangkan gaung di gedung-gedung biasanya dilengkapi dengan peredam bunyi yang terbuat dari bahan yang lunak misalnya wool, karpet, busa, karet, hard board, dan kapas.

2. Gema

Gema adalah bunyi pantul yang jelas kedengarannya. Gema terjadi karena dinding pemantul jauh, sehingga bunyi pantul datang sesudah bunyi asli. Gema dapat digunakan untuk mengukur jarak, misalnya untuk mengukur jarak dinding pemantul, mengukur kedalaman laut, dan mengukur panjang lorong gua.

Mengukur jarak menggunakan gema.

Gambar 16.14
Orang berteriak dengan gema yang terjadi di lereng gunung

Gambar 16.4 memperlihatkan seorang yang sedang berteriak di dekat tebing yang tinggi. Sesaat kemudian suara teriakan orang tersebut dipantulkan oleh tebing tersebut sehingga orang tersebut dapat mendengar bunyi teriakannya dengan jelas. Jika jarak orang dan tebing adalah s, maka pada saat orang mendengar bunyi teriakannya, bunyi tersebut telah menempuh jarak 2 s. Jika waktu yang diperlukan oleh bunyi dalam pulang balik tersebut t dan cepat rambat bunyi di udara saat itu v, maka di dapat :

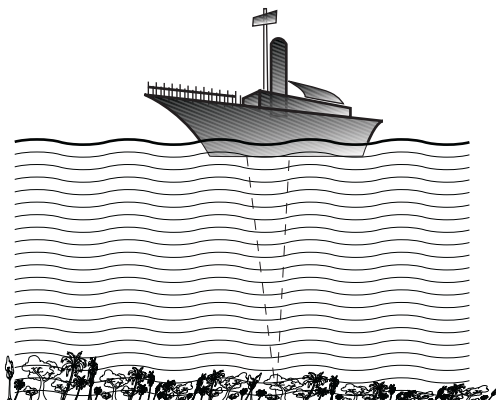
$2s = v \cdot t$ atau $\boxed{s = \frac{v \cdot t}{2}}$

Beberapa contoh penerapan pengukuran jarak dengan gema

1) Mengukur jarak dinding pemantul

Seorang berteriak di dekat dinding tembok yang tinggi, $\frac{1}{4}$ detik kemudian terdengar suara teriakan dengan jelas. Jika cepat rambat bunyi di udara saat itu 340 m/s maka berapa jarak orang tersebut dengan tembok.

$$s = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{340 \cdot \frac{3}{4}}{2} = 42,5 \text{ meter}$$

2) Menentukan kedalaman laut.

Gambar 16.15

Dengan gema kedalaman laut dapat diukur.

Pada dinding kapal bagian bawah dipasang sumber bunyi (oscilator) atau trasmitter dan di sampingnya dipasang alat penerima (receiver) yang disebut *hidrofon*. Gelombang yang dipancarkan oleh transmiter dipantulkan oleh dasar laut dan diterima kembali oleh receiver (hidrofon). Misalnya hidrofon menerima gelombang bunyi 0,1 detik setelah dikirim oleh transmitter.

Cepat rambat bunyi dalam air laut 1.500 m/s, maka kedalaman laut adalah:

$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

$$s = \frac{1500 \cdot 0,1}{2}$$

$$s = 75 \text{ meter}$$

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

Oscilator memancarkan gelombang ke dasar laut yang memiliki 1000 m. Jika cepat rambat bunyi di dalam air 1500 m/s, berapa lama perjalanan gelombang pada saat dipancarkan dan diterima oleh hidrofon?

1. Bunyi adalah hasil getaran.
2. Bunyi dikatakan ada jika memenuhi tiga syarat yaitu ada sumber bunyi, zat perantara, dan pendengar.
3. Cepat rambat bunyi $V = \frac{S}{t}$
4. Cepat rambat bunyi di udara dipengaruhi oleh suhu dan berat molekul udara atau tekanan udara.
5. Berdasarkan batas pendengaran ada infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik.
6. Nada adalah bunyi yang frekuensinya teratur dan tertentu.
7. Syarat resonansi: frekuensinya sama.
8. Resonansi kolom udara berfungsi untuk memperkeras suara dan mengukur cepat rambat bunyi.
9. Bunyi dapat dipantulkan.
10. Hukum pemantulan bunyi:
    a. Bunyi datang, garis normal dan bunyi pantul terletak pada satu bidang datar.
    b. Besar sudut datang sama dengan besar sudut keluar.
11. Untuk menghilangkan bunyi pantul yang merugikan, dipasang bahan peredam bunyi.
12. Bunyi pantul dapat digunakan untuk mengukur jarak dinding pantul dan menentukan kedalaman laut dengan menggunakan rumus:

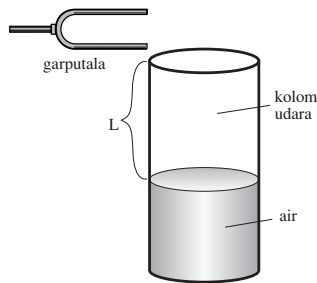
    $S = V \cdot \frac{t}{2}$

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d di depan jawaban yang tepat!

1. Kelelawar dapat terbang bebas di kegelapan malam, tanpa resiko tabrakan. Hal ini disebabkan karena kelelawar menggunakan gelombang ....
   a. infrasonik c. ultrasonik
   b. audiosonik d. supersonik
2. Jika gelombang bunyi merambat dari udara ke dalam air maka besaran yang tidak berubah adalah ....
   a. panjang gelombang
   b. cepat rambat gelombang
   c. amplitudo gelombang
   d. frekuensi gelombang
3. Mengubah-ubah posisi jari yang menekan senar gitar dimaksudkan untuk mengubah ....
   a. amplitudo bunyi
   b. pola gelombang bunyi
   c. frekuensi bunyi
   d. cepat rambat bunyi
4. Untuk menghasilkan bunyi gitar yang keras, maka kamu dapat memetik senar gitar dengan kuat. Ini berarti kamu memperbesar … bunyi.
   a. cepat rambat
   b. amplitudo
   c. frekuensi
   d. panjang gelombang
5. Menurut percobaan Mersenne, frekuensi sebuah senar tidak tergantung pada ....
   a. kuat penampang
   b. massa jenis senar
   c. amplitudo senar
   d. tegangan senar
6. Panjang seutas senar 150 cm dapat menghasilkan frekuensi 880 Hz, apabila senar itu dipendekkan menjadi 25 cm, maka frekuensi senar menjadi ....
   a. 220 Hz c. 880 Hz
   b. 440 Hz d. 1769 Hz
7. Frekuensi sebuah garbu tala 300 Hz, jika cepat rambat bunyinya 450 m/s maka panjang kolom udara pada saat resonansi pertama adalah ....
   a. 10 cm c. 40 cm
   b. 30 cm d. 60 cm
8. Makin tinggi tekanan udara suatu tempat, maka ....
   a. makin tinggi cepat rambat bunyi di udara
   b. makin rendah cepat rambat bunyi di udara
   c. cepat rambat bunyi diudara sama saja
   d. cepat rambat bunyi di udara tidak tentu, tergantung pada tekanannya
9. Getaran osilator pada kapal laut diterima kembali oleh hidrofon 0,4 sekon setelah di pancarkan. Apabila cepat rambat bunyi di dalam laut 1.400 m/s maka kedalaman laut itu adalah ....
   a. 140 meter c. 560 meter
   b. 280 meter d. 120 meter
10. Salah satu perbedaan gema dan gaung adalah ....
    a. gaung memperjelas bunyi asli, sedangkan gema mengaburkan bunyi asli
    b. gaung mengaburkan bunyi asli, sedangkan gema memperjelas bunyi asli
    c. jarak dinding pantul yang menghasilkan gaung lebih pendek
    d. selang waktu datangnya gaung lebih cepat

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

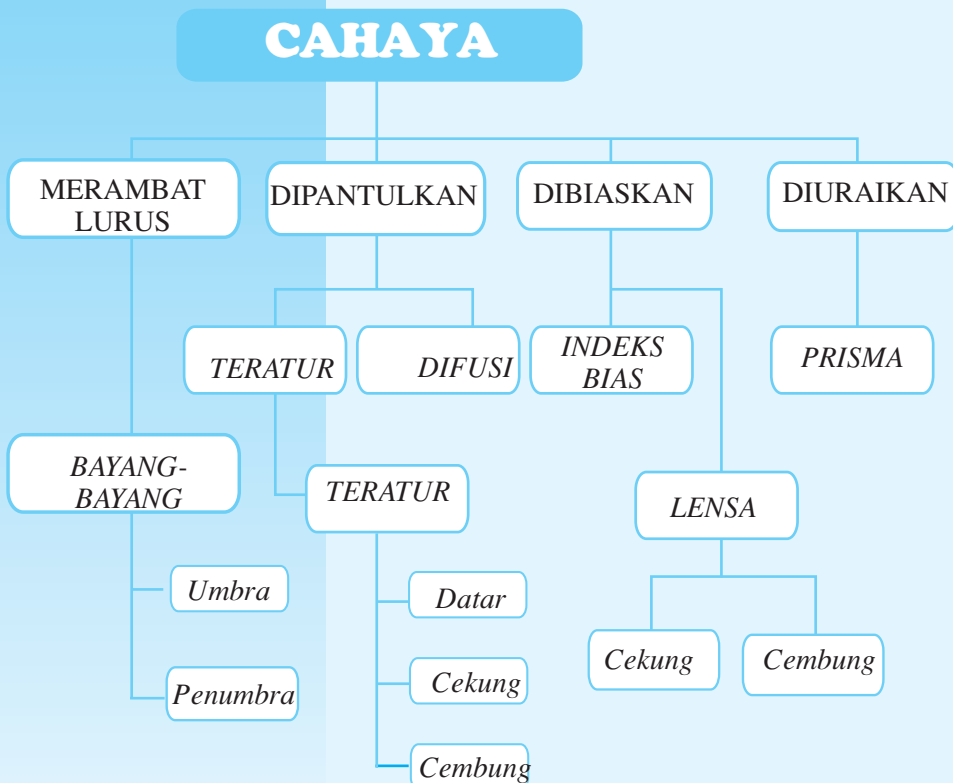
1. Apakah yang terjadi pada senar sebuah gitar apabila:
   a. panjang senar diperpendek
   b. luas penampangnya diperbesar
   c. tegangan senar diperkecil
2. Ketika terjadi petir, yang terlihat pertama adalah kilatan cahaya baru kemudian suaranya, mengapa?
3. Bagaimana cara menghindari gaung atau kerdam pada gedung-gedung pertemuan, agar diperoleh kualitas suara yang jelas dan keras?
4. Seutas dawai dengan panjang 100 cm, bila dipetik menghasilkan frekuensi 200 Hz. Bila dawai itu dipotong menjadi 4 bagian yang sama, hitunglah frekuensi yang dihasilkan setiap potongan dawai!
5. Perhatikan gambar di bawah ini.

   Tinggi kolom udara pada tabung saat resonansi pertama adalah 15 cm. Jika frekuensi garbu tala itu 550 Hz Hitunglah:
   a. panjang gelombangnya
   b. cepat rambat gelombangnya

BAB 17
CAHAYA (OPTIK GEOMETRIK)

Standar Kompetensi:

- *Memahami konsep dan penerapan getaran, gelombang dan optika dalam produk teknologi sehari-hari.*

Kompetensi Dasar:

- *Menyelidiki sifat-sifat cahaya dan hubungannya dengan berbagai bentuk cermin dan lensa.*

Optik adalah bagian dari ilmu fisika yang mempelajari sifat-sifat cahaya dan pemanfaatannya bagi keuntungan manusia. Sedangkan optik geometrik mempelajari cahaya yang berkaitan dengan pemantulan dan pembiasan cahaya.

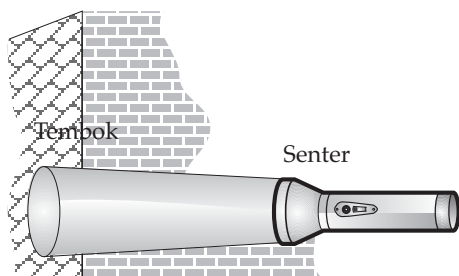
A. SIFAT-SIFAT CAHAYA

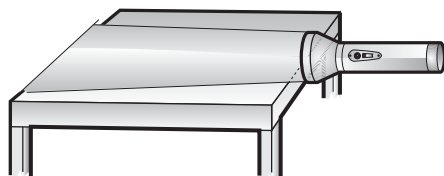
Cahaya sebagai gelombang mempunyai sifat-sifat tertentu. Untuk mengetahui beberapa sifat cahaya lakukan kegiatan-kegiatan berikut ini.

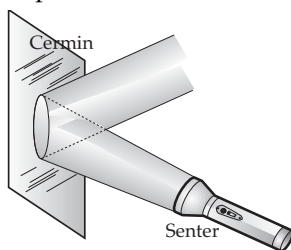
Kegiatan 17.1 Perambatan cahaya

1. Tujuan : Mengetahui bentuk lintasan cahaya.
2. Alat dan bahan : 1) lampu senter lengkap baterai
   2) cermin datar
   3) akuarium yang berisi air
3. Langkah kerja:

   Percobaan I

   1) Nyalakan lampu senter kemudian arahkan pada tembok seperti gambar berikut.

   Amati bentuk lintasan cahaya yang keluar dari senter menuju tembok.

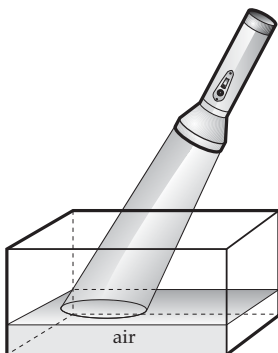
   2) Nyalakan lampu senter, kemudian arahkan di atas bangku, seperti gambar. Amati bentuk lintasannya.

Percobaan II

1) Arahkan lampu senter ke permukaan cermin datar seperti gambar!

2) Amati jalannya sinar yang keluar dari senter dan setelah mengenai cermin!

Percobaan III

1) Siapkan bak kaca/akuarium yang telah diisi oleh air.
2) Nyalakan senter dan arahkan seperti gambar.

Perhatian

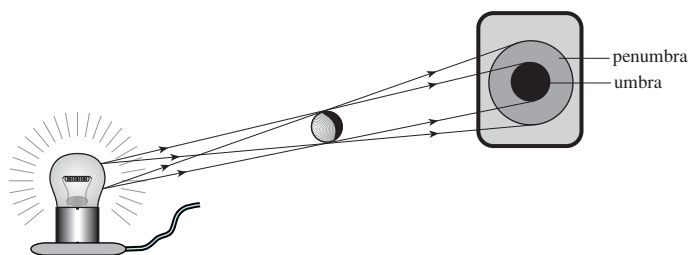
1) Agar diperoleh hasil yang lebih baik, sebaiknya lakukan di ruang gelap!
2) Amati jalannya sinar yang keluar dari senter dan yang masuk ke dalam air!

Diskusi

1) Bagaimanakah lintasan sinar/cahaya pada percobaan I?
2) Apa yang dialami cahaya, setelah dijatuhkan pada cermin?
3) Apa yang dialami cahaya ketika merambat dari udara masuk ke dalam air?

Kesimpulan

Dari ketiga percobaan buatlah kesimpulan tentang sifat-sifat cahaya!

Bayang-Bayang

Akibat cahaya merambat lurus, maka dapat menimbulkan bayang-bayang. Bayang-bayang merupakan daerah gelap yang terbentuk saat suatu benda menghalangi jalannya cahaya yang mengenai suatu permukaan.

Gambar 17.1
Umbra dan penumbra

Umbra terbentuk karena cahaya terhalang seluruhnya sehingga daerah tersebut sangat gelap. Sedangkan penumbra masih menerima sebagian cahaya sehingga tampak kabur.

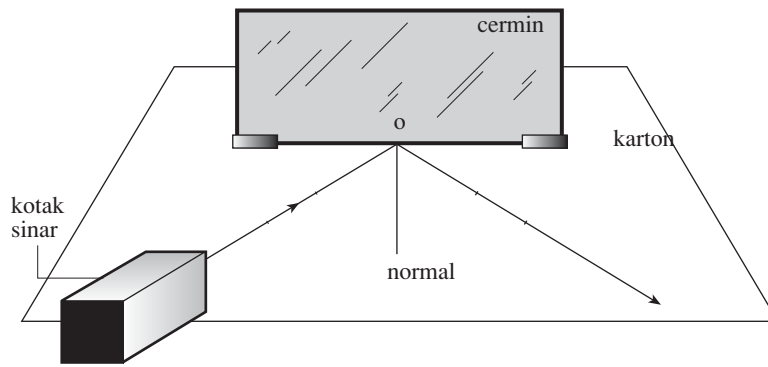
Selain cahaya dapat merambat lurus, dapat dipantulkan dan dibiaskan, cahaya juga termasuk gelombang elektromagnetik sehingga dapat merambat dalam ruang hampa dengan kecepatan 3×10^8 m/s.

B. PEMANTULAN CAHAYA

Umumnya cahaya akan dipantulkan apabila mengenai suatu permukaan.

Pemantulan yang terjadi mengikuti aturan yang dinamakan *Hukum Pemantulan*. Bagaimana hukum pemantulan tersebut? Ikuti kegiatan berikut ini.

Kegiatan 17.2 Pemantulan cahaya

1. Tujuan : Menyelidiki hukum pemantulan.
2. Alat dan bahan :
   1) kotak cahaya (*ray box*) 1 buah
   2) catu daya 1 buah
   3) cermin datar 1 buah
   4) kertas secukupnya
   5) busur derajat 1 buah
3. Langkah kerja:
   1) Rangkailah kotak cahaya ke catu daya lalu hubungkan dengan stop kontak!
   2) Buatlah garis lurus di atas kertas, kemudian cermin datar diletakkan di atas garis yang sudah dibuat seperti gambar.
   3) Arahkan sinar yang keluar dari Raybox melalui kisi tunggal dengan kemiringan tertentu.
   4) Tandai sinar yang menuju cermin dan yang dipantulkan cermin pada kertas seperti gambar.

5) Matikan Raybox dan ambilah cermin dari atas kertas, kemudian hubungkan titik-titik yang sudah kamu buat.
6) Buatlah garis yang tegak lurus dengan garis yang ditempati cermin datar seperti pada gambar.
7) Ukurlah besar i dan r dengan busur derajat dan masukkan hasil pengukuran dalam tabel!
8) Ulangi kegiatan 2) sampai dengan 7) untuk kemiringan yang berbeda-beda!

No.	i	r
1.	....	....
2.	....	....
3.	....	....
4.	....	....
5.	....	....

Informasi

a. Sinar yang menuju cermin disebut sinar datang, sedangkan sinar yang dipantulkan cermin disebut sinar pantul.
b. N adalah garis normal yaitu garis yang tegak lurus dengan bidang pantul.
c. i adalah sudut datang.
d. r adalah sudut pantul.

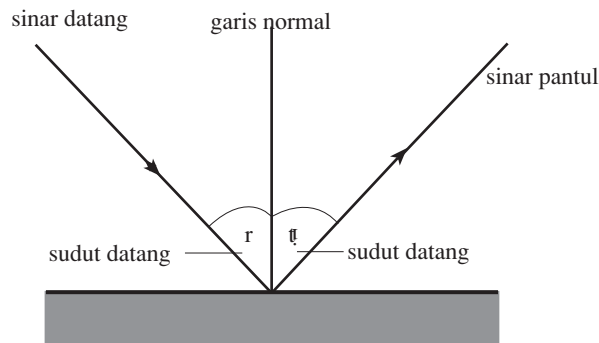
Diskusi:

a. Apakah sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada satu bidang datar?
b. Bagaimanakah besar i dan besar r?

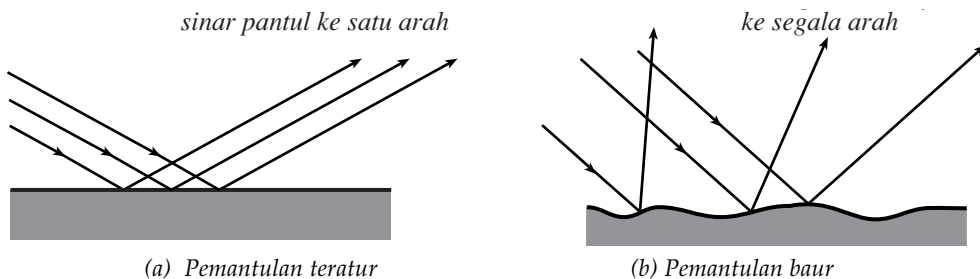
Informasi

Jawaban a dan b merupakan bunyi hukum pemantulan.

Kesimpulan

Buatlah kesimpulan tentang bunyi hukum pemantulan

Gambar 17.2 Skema hukum pemantulan

Pemantulan Teratur dan Pemantulan Baur

Sebagaimana yang sudah kalian pahami bahwa bila cahaya dijatuhkan pada permukaan benda, maka cahaya tersebut akan dipantulkan. Jika permukaan benda halus atau rata, maka pemantulan yang dihasilkan disebut pemantulan teratur (speculer). Adapun bila permukaan benda kasar maka akan dihasilkan pemantulan baur (diffuse).

(a) Pemantulan teratur *(b) Pemantulan baur*

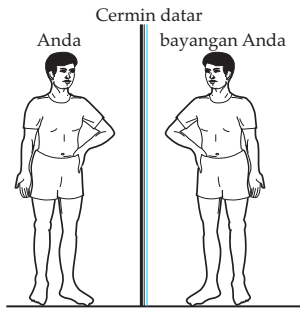
Gambar 17.3 Skema pementulan pada permukaan rata dan dan kasar

UJI PEMAHAMAN

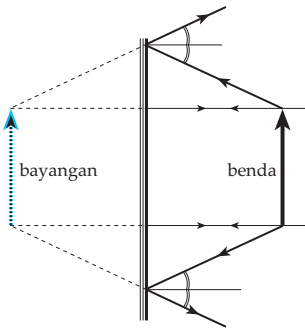
Kerjakan soal berikut dengan benar!

Carilah masing-masing 5 contoh peristiwa pemantulan teratur dan pemantulan baur!

C. PEMBENTUKAN BAYANGAN

1. Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

Gambar 17.4
Pada pemantulan terhadap cermin datar, ukuran benda sama dengan ukuran bayangan dan jarak benda sama dengan jarak bayangan

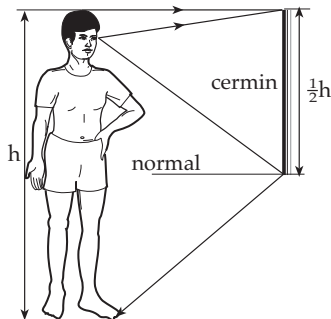
Lukisan bayangan pada cermin datar

Untuk melukis bayangan digunakan aturan hukum pemantulan.

Sifat bayangan:

a. maya/semu/virtuil
b. tegak
c. sama besar

Gambar 17.5 Pemantulan pad cermin datar

Panjang Cermin Minimum

Agar seluruh bayangan terlihat pada cermin datar, maka panjang cermin (ρ) adalah setengah dari tinggi benda (ho) atau

$$\rho = \frac{1}{2} h_o$$

ρ = panjang cermin (m)
h_o = tinggi benda (m)

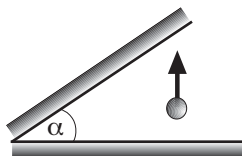
Gambar 17.6
Tinggi cermin yang diperlukan untuk melihat seluruh bayangan anak adalah setengah tinggi anak tersebut.

Dua Buah Cermin Datar yang Membentuk Sudut

Jumlah bayangan yang dihasilkan kedua cermin dihitung dengan rumus:

$$n = \frac{360^o}{\alpha} - 1$$

n = jumlah bayangan

α = sudut antara kedua cermin datar (^{o})

Gambar 17.7 Sudut antara dua cermin

Contoh soal:

1. Seorang anak setinggi 150 cm berdiri di depan cermin datar. Berapakah panjang cermin minimal agar seluruh bayangan anak dapat terlihat?

   Penyelesaian:

   Diketahui : $h_o = 150$

   Ditanya : P =?

   Jawab :

   $$P = \frac{1}{2}h_o = \frac{1}{2} \cdot 150 = 75 \text{ cm}$$

   Jadi, panjang cermin datar minimal 75 cm

2. Dua buah cermin datar membentuk sudut 45^o. Berapakah jumlah bayangan yang dihasilkan oleh kedua cermin apabila sebuah benda diletakkan di antara kedua cermin?

   Penyelesaian:

   Diketahui : $\alpha = 45^o$

   Ditanya : n =?

   Jawab :

   $$n = \frac{360^o}{\alpha} - 1 = \frac{360^o}{45^o} - 1 = 7$$

   Jadi, jumlah bayangan yang dihasilkan kedua cermin datar adalah 7 buah.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Rudi berdiri di depan cermin datar sejauh 3 meter. Ia berjalan mendekati cermin sejauh 2 meter. Berapakah jarak Rudi dengan bayangannya?
2. Sebatang pensil di depan dua buah cermin datar yang membentuk sudut 900. Jika sudut kedua cermin dikurangi X0, bayangannya bertambah 2 buah. Berapakah X?

2. Pembentukan Bayangan Pada Cermin Cekung

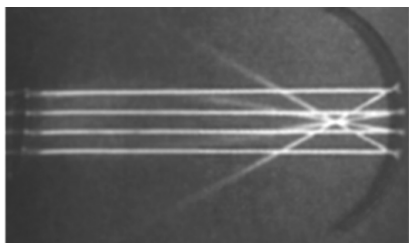
Cermin cekung adalah cermin yang bidang pantulnya melengkung ke dalam. Sendok dan mangkuk merupakan contoh benda yang permukaannya cekung. Tampak pada mangkok dan sendok bayangan dari apel.

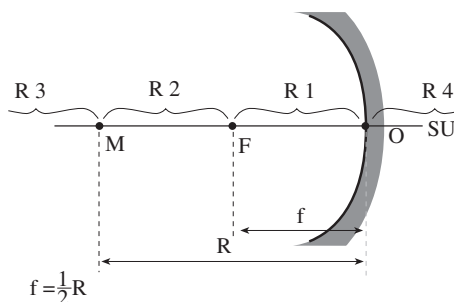
Untuk memahami bagaimana bayangan terbentuk, terlebih dulu harus memahami sifat, bagian-bagian cermin dan sinar-sinar istimewa yang berlaku pada cermin tersebut.

Gambar 17.8 Bayangan pada cermin cekung

a. Sifat Cermin Cekung

Bila berkas sinar sejajar sumbu utama dijatuhkan ke sebuah cermin cekung, maka sinar pantulnya akan mengumpul (konvergen).

Karena sifat inilah, maka cermin cekung disebut juga *cermin konvergen*.

Gambar 17.9
Sinar-sinar sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus.

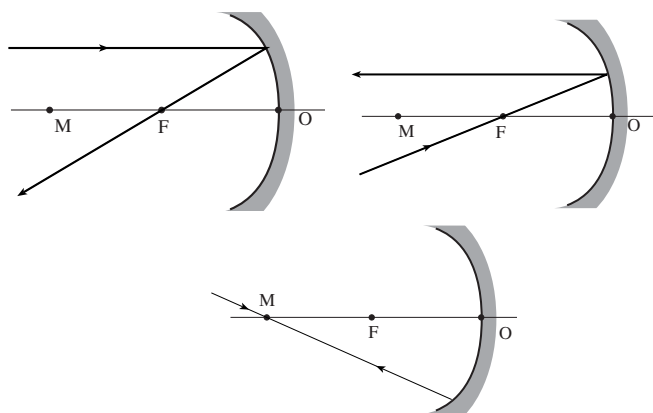
b. Bagian-bagian Cermin Cekung/Konvergen

Gambar 17.10 Bagian-bagian cermin cekung

O = titik pusat bidang cermin
F = titik fokus
M = titik pusat kelengkungan cermin
f = jarak fokus cermin (cm)
R = jari-jari cermin (cm)
SU = sumbu utama

$$f = \frac{1}{2}R$$

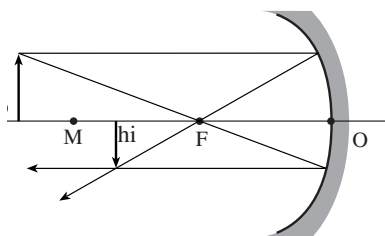
1, 2, 3, dan 4 merupakan ruang benda dan ruang bayangan

c. Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung

1) Sinar datang sejajar sumbu utama cermin akan dipantulkan melalui titik fokus F.
2) Sinar datang melalui titik fokus F akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
3) Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan M akan dipantulkan kembali melalui titik M.

Gambar 17.11 Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung

d. Lukisan Bayangan Pada Cermin Cekung

Untuk melukis bayangan yang dihasilkan oleh cermin cekung dapat digunakan 2 di antara 3 sifat sinar-sinar istimewa.

Contoh:

Gambar 17.12 (a) Bayangan benda pada cermin cekung

Sifat bayangan:

1) nyata 2) terbalik 3) diperkecil

Pedoman:

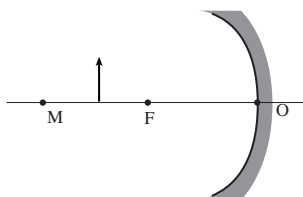
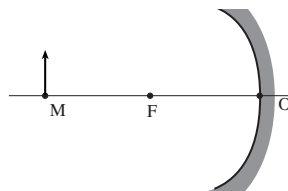
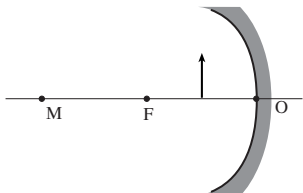
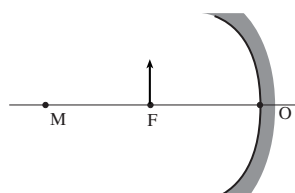
Pada cermin cekung berlaku "aturan 5", yaitu:

1) Jika benda di ruang (1), bayangan di ruang (4)
2) Jika benda di ruang (2), bayangan di ruang (3)
3) Jika benda di ruang (3), bayangan di ruang (2)

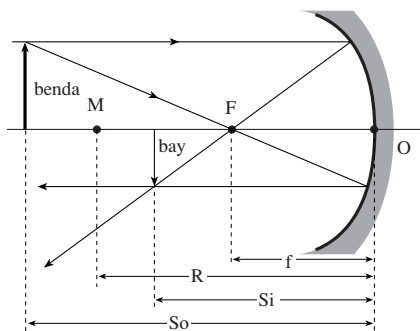
UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

Lukislah bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung dari benda-benda yang terletak di depan cermin cekung di bawah ini dan sebutkan sifat bayangan yang terbentuk!

1)

3)

2)

4)

Keterangan:

1) Bayangan di depan cermin adalah bayangan nyata
2) Bayangan di belakang cermin adalah bayangan maya.

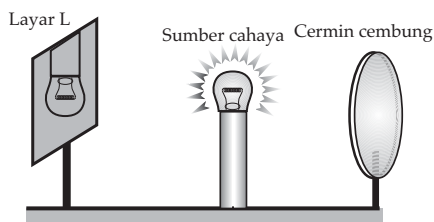
e. Rumus-rumus Pada Cermin Cekung

ho = tinggi benda (m, cm)
hi = tinggi bayangan (m, cm)
So = jarak benda (m, cm)
Si = jarak bayangan (m, cm)
f = jarak fokus (m, cm)
R = jari-jari (m, cm)

Gambar 17.12 (b) Variabel pada cermin cekung

Bagaimanakah hubungan antara variabel-variabel pada cermin cekung?

Untuk menjawabnya lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan 17.3 Cermin cekung

1. Tujuan :
   a. Menentukan hubungan antara jarak benda, jarak bayangan dan jarak fokus.
   b. Menyebutkan sifat bayangan yang dihasilkan cermin.
2. Alat dan bahan :
   a. bangku optik 1 buah
   b. cermin cekung (f = 10 cm) 1 buah
   c. benda bercahaya (lilin) 1 buah
   d. layar 1 buah
3. Langkah kerja:
   a. Letakkan benda di antara cermin dengan layar pada bangku optik seperti gambar berikut!

   b. Geser-geserlah letak layar sepanjang mistar pada bangku optik sehingga bayangan benda terlihat jelas pada layar!
   c. Ukur jarak layar dari cermin (Si) dan jarak lilin dari cermin (So)!
   d. Tulislah sifat bayangan pada tabel!
   e. Ulangi langkah (b) sampai dengan (d) untuk melengkapi tabel di bawah ini!

Tabel Pengamatan

No.	So (cm)	Si (cm)	f (cm)	$\frac{1}{So}$	$\frac{1}{Si}$	$\frac{1}{So}+\frac{1}{Si}$	$\frac{1}{f}$	Sifat bayangan
1.	12	....	10	....	....	.....	$^1/_{10}$	....
2.	15	....		....	....	....	.....	....
3.	20	....		....	....	....	.....	....
4.	25	....		....	....	....	.....	....
5.	30	....		....	....	....	.....	....

Diskusi

a. Bagaimanakah besar $\frac{1}{So}+\frac{1}{Si}$ dengan $\frac{1}{f}$?

b. Nyatakan hubungan $\frac{1}{So}+\frac{1}{Si}$ dengan $\frac{1}{f}$?

c. Di ruang berapakah benda berada dan di ruang berapakah bayangan terbentuk mulai no. 1 sampai dengan nomor 5?

Kesimpulan

Nyatakan hubungan antara So, Si dan f dengan persamaan!

Jika percobaan dilakukan dengan teliti dan cermin dianggap sempurna maka diperoleh rumus-rumus seperti berikut:

a. Hubungan antara So, Si, dan f

$$\frac{1}{So}+\frac{1}{Si}=\frac{1}{f}$$

b. Hubungan antara So, Si, dan R

$$\frac{1}{So}+\frac{1}{Si}=\frac{2}{R}$$

c. Hubungan antara f dan R

$$f=\frac{1}{2}R$$

Perbesaran Bayangan (M)

$$M=\left|\frac{Si}{So}\right| \text{ atau } M=\left|\frac{hi}{ho}\right| \text{ atau } \left|\frac{Si}{So}\right|=\left|\frac{hi}{ho}\right|$$

| ... | = harga mutlak, agar hasil perhitungannya positif.

Contoh soal:

1. Jarak fokus cermin cekung 10 cm. Tentukan letak, perbesaran dan sifat bayangan dari benda yang terletak di depan cermin sejauh 15 cm!

   Penyelesaian:

   Diketahui : f = 10 cm; So = 15 cm

   Ditanya : Si, M dan sifat bayangan?

   Jawab:

   $$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$$
   $$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{Si}$$
   $$\frac{1}{Si} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$$
   $$= \frac{3}{30} - \frac{2}{30}$$
   $$\frac{1}{Si} = \frac{1}{30}$$
   $$Si = 30$$

   Bayangan berada 30 cm di belakang cermin.

   $$M = \left|\frac{Si}{So}\right|$$
   $$= \left|\frac{30}{15}\right|$$
   $$M = 2 \text{ kali}$$

   Bayangan diperbesar 2 kali.

   Sifat bayangan:

   - nyata (harga Si positif)
   - terbalik
   - diperbesar (M > 1)

2. Suatu benda yang tingginya 5 cm berada di depan cermin cekung sejauh 8 cm. Jika jari-jari cermin 20 cm, berapakah:

   a. jarak fokus cermin
   b. tinggi bayangan
   c. sifat bayangan

   Penyelesaian:

   Diketahui: ho = 5 cm; So = 8 cm; R = 20 cm

   Ditanya : a) f
   b) hi
   c) sifat bayangan

Jawab:

a. $f = \frac{1}{2}R$ I $M = \left|\frac{Si}{So}\right|$

$= \frac{1}{2}20 = 10$ cm

b. $\left|\frac{hi}{ho}\right| = \left|\frac{Si}{So}\right|$ $\frac{2}{R} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$

$hi = \left|\frac{Si}{So}\right| . ho \rightarrow$ $\frac{2}{20} = \frac{1}{8} + \frac{1}{Si}$

$= \left|\frac{-40}{8}\right| . 5 \rightarrow$ $\frac{1}{Si} = \frac{2}{20} - \frac{1}{8}$

$= |5| . 5$ $= \frac{8}{80} - \frac{10}{80}$

hi = 25 cm $= \frac{-2}{80}$

$Si = -\frac{80}{20} = -40$ cm

c. Sifat: diperbesar, nyata, terbalik

3. Cermin cekung memiliki jari-jari 36 cm. Di manakah benda harus diletakkan agar diperoleh bayangan tegak yang berukuran 3 kali ukuran bendanya?

Penyelesaian:

Diketahui : R = 36 cm

M = 3 (tegak, berarti maya dan negatif)

Ditanya : So =... ?

Jawab :

$\frac{2}{R} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$ $\rightarrow$ $M = \left|\frac{Si}{So}\right|$

$\frac{2}{36} = \frac{1}{So} + \frac{1}{-3So}$ $3 = \left|\frac{-Si}{So}\right|$

$= \frac{1}{So} - \frac{1}{3So}$ $-Si = 3 . So$

$= \frac{3-1}{3So}$ $Si = -3So$

$\frac{2}{36} = \frac{2}{3So}$

$2 . 3So = 2 . 36$

$6So = 72$

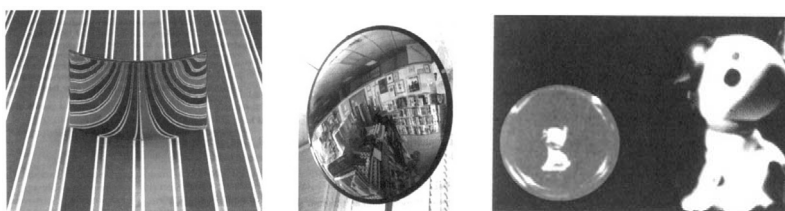
$So = \frac{72}{6} = 12$ cm

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Sebuah karet penghapus diletakkan 20 cm di depan cermin cekung yang memiliki jarak fokus 10 cm. Tentukan:
   a. Jarak bayangan
   b. Perbesaran bayangan
   c. Sifat bayangan
2. Sebuah cermin cekung (fokus = 10 cm) akan membentuk bayangan maya sejauh 10 cm. Di manakah letak benda?

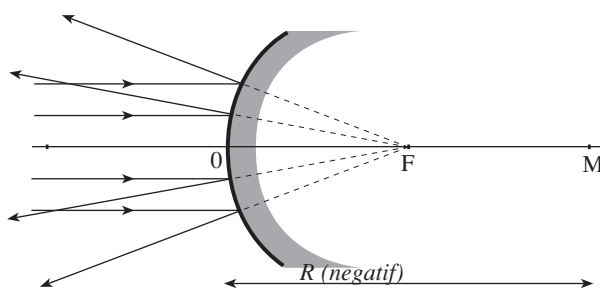
3. Pembentukan Bayangan Pada Cermin Cembung

Cermin cembung adalah cermin yang bidang pantulnya melengkung keluar.

Sumber:Fisika untuk Sains adn Teknik. Erlangga

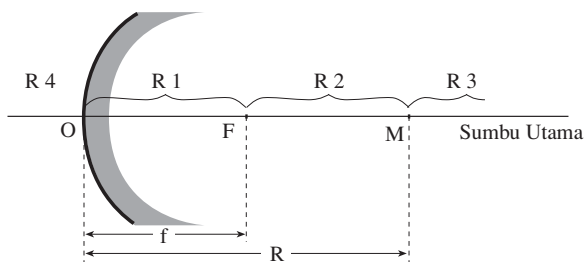
Gambar 17.13 Bayangan pada cermin cembung

Contoh lain dari cermin cembung adalah kaca spion. Bagaimanakah proses terbentuknya bayangan? Untuk itu kalian harus memahami sifat, bagian-bagian cermin, dan sinar-sinar istimewa yang berlaku pada cermin cembung.

a. Sifat Cermin Cembung

Bila berkas sinar sejajar sumbu utama dijatuhkan pada cermin cembung maka berkas sinar akan dipantulkan menyebar (divergen) seolah-olah berasal dari titik fokus.

Gambar 17.14 Sinar dipantulkan menyebar

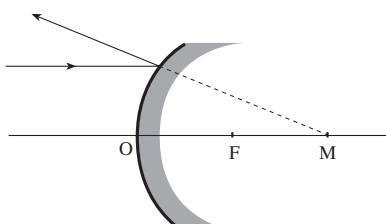
Oleh karena itu, cermin cembung disebut cermin divergen. Selain itu karena nilai R negatif, maka cermin cembung disebut juga cermin negatif.

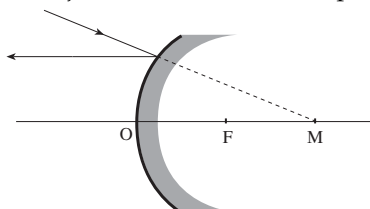
b. Bagian-bagian Cermin Cembung/Negatif/Divergen

Gambar 17.15 Bagian-baggian cermin cembung

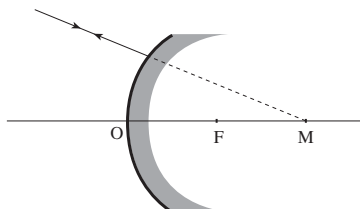
Pada cermin cembung, benda selalu di ruang (4) sehingga bayangan di ruang (1).

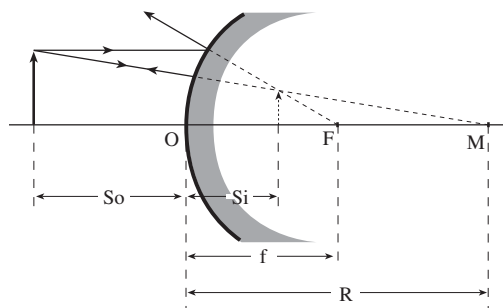
c. Sinar-sinar Istimewa Pada Cermin Cembung

Cermin cembung juga memiliki 3 sinar istimewa, yaitu:

1) Sinar datang sejajar sumbu utama cermin akan dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus F.

Gambar 17.16(a) Sinar sejajarsumbu utama

2) Sinar datang menuju titik fokus F akan dipantulkan sejajar sumbu utama.

Gambar 17.16(b) Sinar menuju titik fokus

3) Sinar datang menuju ke titik pusat kelengkungan M akan dipantulkan kembali seolah-olah berasal dari titik M.

Gambar 17.16(c) Sinar menuju pusat kelengkungan

d. Lukisan Bayangan Pada Cermin Cembung

Gambar 17.17 Variabel pada cermin cembung

Sifat bayangan yang dibentuk selalu:

1) maya
2) tegak
3) diperkecil

e. Rumus-rumus yang berlaku pada cermin cembung

Rumus-rumus yang berlaku pada cermin cembung sama seperti rumus cermin cekung, yaitu:

1) $\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$

2) $\frac{2}{R} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$

3) $M = \left|\frac{Si}{So}\right|$ atau $M = \left|\frac{hi}{ho}\right|$ atau $\left|\frac{Si}{So}\right| = \left|\frac{hi}{ho}\right|$

Nilai f, R, dan Si selalu negatif

Contoh soal:

1. Jarak fokus cermin cembung 10 cm. Benda setinggi 5 cm diletakkan 15 cm di depan cermin. Tentukan:

   a. letak bayangan b. perbesaran bayangan c. tinggi bayangan

   Penyelesaian:

   Diketahui : f = –10 cm (tanda negatif karena cermin cembung)
   ho = 5 cm
   So = 15 cm

   Ditanya : a) Si? b) M = ? c) hi =?

   Jawab :

   a. $\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$

   $\frac{1}{-10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{Si}$

   $\frac{1}{Si} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{15} = \frac{-1}{10} - \frac{1}{15}$

   $= \frac{-3-2}{30}$

   $\frac{1}{Si} = \frac{-5}{30}$

   $Si = -\frac{30}{5} = -6$ cm

   (tanda negatif berarti bayangan maya dan terletak di belakang cermin)

b. $M = \left|\frac{Si}{So}\right|$

$= \left|\frac{-6}{15}\right|$

$= \frac{6}{15}$ kali

c. $M = \left|\frac{hi}{ho}\right| \rightarrow hi = m \cdot ho$

$= \frac{6}{15} \cdot 5$

$hi = 2$ cm

2. Sebuah benda berada 15 cm di depan cermin cembung dan oleh cermin dibentuk bayangan maya berukuran $\frac{1}{3}$ kali bendanya. Berapakah kelengkungan jari-jari cermin?

   Penyelesaian:

   Diketahui : So = 15 cm

   $M = \frac{1}{3}$ (maya)

   Ditanya : R = ?

   Jawab :

   $\frac{2}{R} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si} \rightarrow$

   $= \frac{1}{15} + \frac{1}{-5}$

   $= \frac{1}{15} - \frac{1}{5}$

   $= \frac{1}{15} - \frac{3}{15}$

   $\frac{2}{R} = \frac{-2}{15}$

   $-2 \cdot R = 2 \cdot 15$

   $R = \frac{30}{-2}$

   $R = -15$ cm

   $M = \left|\frac{Si}{So}\right|$

   $-Si = M \cdot So$

   $Si = -\frac{1}{3} \cdot 15$

   $Si = -5$

   (tanda negatif berarti cermin cembung)

   Jadi, jari-jari cermin adalah 15 cm

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

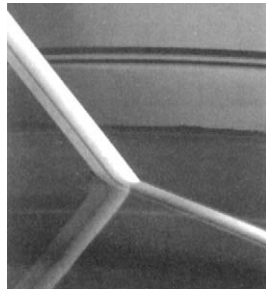
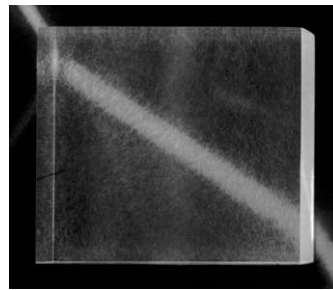
1. Dokter gigi dalam memeriksa gigi pasien menggunakan sebuah cermin. Cermin apa itu? Mengapa menggunakan cermin tersebut?
2. Benda setinggi 4 cm diletakkan 10 cm di depan cermin cekung yang memiliki jarak fokus 10 cm. Tentukan jarak bayangan dan perbesaran bayangan!

D. PEMBIASAN CAHAYA

Masih ingatkah percobaan III tentang perambatan cahaya?

Berikut ini merupakan contoh peristiwa pembiasan cahaya yang lain.

Sumber:Fisika untuk Sains adn Teknik. Erlangga

(a) *(b)*

Gambar 17.18

(a) Sedotan tampak bengkok karena pembiasan.

(b) Sinar tampak membelok karena pembiasan.

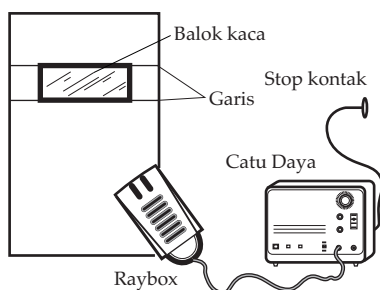
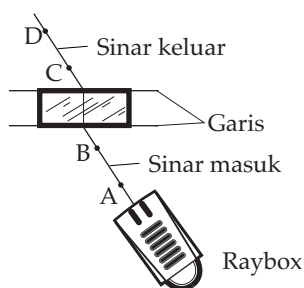
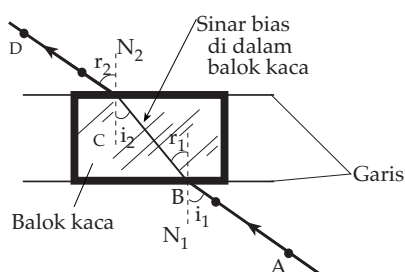
Mengapa terjadi pembelokan?

Untuk menjawabnya ikuti kegiatan berikut ini!

Kegiatan 17.4 Pembiasan cahaya

1. Tujuan : Menemukan perumusan hukum pembiasan
2. Alat dan bahan :

1)	raybox	1 buah	4)	kertas	1 buah
2)	catu daya	1 buah	5)	busur derajat	1 buah
3)	balok kaca	1 buah			

3. Langkah kerja :

1) Rakitlah raybox ke catu daya dan hubungkan ke stop kontak PLN tetapi saklar dalam keadaan off!
2) Letakkan balok kaca di atas kertas dan buatlah garis pada semua sisi. Kemudian letakkan raybox pada posisi miring!

3) Nyalakan raybox dengan menekan tombol on pada catu daya! Buatlah titik-titik pada kertas yang merupakan lintasan sinar yang masuk dan yang keluar dari balok kaca seperti gambar berikut.
4) Matikan raybox, angkat balok kaca dari kertas dan hubungkan titik-titik tersebut serta lengkapi seperti gambar di bawah ini!

5) Ulangi langkah 2) sampai dengan 4) untuk besar I yang berbeda-beda dan catat hasilnya dalam tabel!

No.	i_1	i_2	r_1	r_2
1.	....	....	....	....
2.	....	....	....	....
3.	....	....	....	....

6) Ulangi kegiatan 3), tetapi dengan mengarahkan sinar datang AB tegak lurus sisi balok kaca. Amati jalannya sinar dalam balok kaca (diteruskan atau dibelokkan)!

Informasi:

a. Garis AB adalah sinar datang menuju kaca

b. Garis CD adalah sinar bias yang keluar dari kaca

c. N adalah garis normal

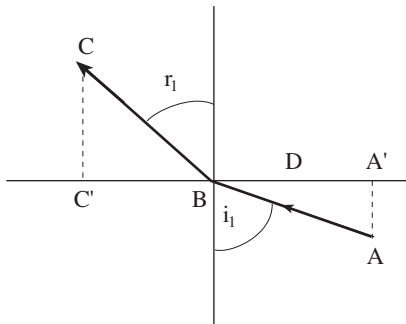
d. i_1 dan i_2 adalah sudut datang

e. r_1 dan r_2 adalah sudut bias

f. Garis tepi sisi kaca selanjutnya disebut bidang batas

g. *Medium kaca lebih rapat dari pada medium udara.*
h. *Jika besar i > r, dikatakan sinar dibiaskan mendekati garis normal.*
i. *Jika besar i < r, dikatakan sinar dibiaskan menjauhi garis normal.*

Diskusi

a. Apakah sinar datang, garis normal dan sinar bias terletak pada satu bidang datar?
b. Ketiga data pada tabel langkah (e) untuk nilai i_1 dan r_1, proyeksikan sinar datang ke balok kaca dengan mengambil panjang AB = BC!

Bandingkan panjang A'B dan BC' dari setiap data.

Data 1 : $\frac{A'B}{BC'}$ = ...

Data 2 : $\frac{A'B}{BC'}$ = ...

Data 3 : $\frac{A'B}{BC'}$ = ...

Bagaimana nilai perbandingan dari $\frac{A'B}{BC'}$?

c. Jika terdapat sinar yang datang secara tegak lurus pada bidang batas dua medium maka sinar akan ... (diteruskan atau dibelokkan)
d. Jika terdapat sinar yang merambat dari medium renggang ke medium rapat dibiaskan ... (mendekati atau menjauhi) garis normal.
e. Jika terdapat sinar yang merambat dari medium rapat ke medium renggang akan dibiaskan ... (mendekati atau menjauhi) garis normal.

Informasi

1) *Jawaban (a) dan (b) merupakan hukum Snellius pada pembiasan cahaya.*
2) *Jawaban (c), (d) dan (e) merupakan sifat pembiasan cahaya.*

Kesimpulan

Buatlah kesimpulan berdasarkan pertanyaan berikut!

1) Sebutkan dua bunyi hukum Snellius pada pembiasan cahaya!
2) Sebukan tiga sifat pembiasan cahaya!

1. Indeks Bias

Nilai perbandingan $\frac{A'B}{BC'}$ pada kegiatan 17.4, merupakan nilai indeks bias kaca terhadap udara. Indeks bias ada 2 macam, yaitu indeks bias mutlak dan indeks bias relatif.

a. Indeks Bias Mutlak

Indeks bias mutlak adalah perbandingan cepat rambat cahaya di ruang hampa dengan cepat rambat cahaya di dalam medium.

$$n = \frac{C}{Cn}$$

C = cepat rambat cahaya di ruang hampa (3×10^8 m/s)

Cn = cepat rambat cahaya di dalam medium (m/s)

n = indeks bias medium.

Tabel Indeks Bias Mutlak beberapa Medium

Medium	Indeks Bias
Gelas	1,5 – 1,9
Intan	2,42
Gliserin	1,47
Air	1,33
Udara	1,0003
Vakum	1,0000

b. Indeks Bias Relatif

Indeks bias relatif adalah perbandingan antara indeks bias medium satu dengan medium yang lain.

Contoh soal:

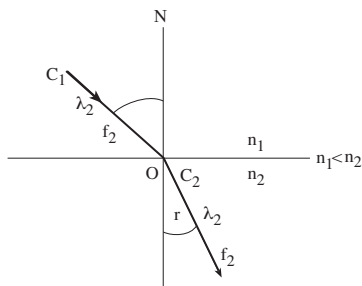
Indeks bias relatif medium air terhadap medium kaca ditulis: n_{ak}.

Jadi:

$$n_{ak} = \frac{n_a}{n_k}$$

n_a = indeks bias medium air

n_k = indeks bias medium kaca

Bila seberkas cahaya merambat dari medium yang kurang rapat menuju medium yang lebih rapat dapat digambarkan sebagai berikut!

Gambar 17.19 Skema sinar bias dari medium yang kurang rapat ke lebih rapat

Ketika cahaya beralih medium ternyata cepat rambat (C) dan panjang gelombang (λ) berubah tetapi frekuensi (f) tetap.

Dalam perambatan cahaya sebagai gelombang di dapat persamaan: $\boxed{C = \lambda \cdot f}$

Untuk medium 1: $C_1 = \lambda_1 \cdot f_1$

Untuk medium 2: $C_2 = \lambda_2 \cdot f_2$

Karena, $f_1 = f_2$

maka: $\boxed{\frac{C_1}{\lambda_1} = \frac{C_2}{\lambda_2} \text{ atau } \frac{C_1}{C_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}}$ .... (1)

Dari persamaan indeks bias mutlak: $n = \frac{C}{Cn}$

pada medium 1: $n_1 = \frac{C}{C_1} \rightarrow C_1 = \frac{C}{n_1}$

pada medium 2: $n_1 = \frac{C}{C_1} \rightarrow C_1 = \frac{C}{n_1}$

Sehingga dari persamaan (1)

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

diperoleh

$$\frac{C/n_1}{C/n_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$\boxed{\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}}$ .... (2)

Jika persamaan (1) dan (2) digabung menghasilkan:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

n_1 = indeks bias medium 1

n_2 = indeks bias medium 2

C_1 = cepat rambat cahaya di medium 1 (m/s)

C_2 = cepat rambat cahaya di medium 2 (m/s)

λ_1 = panjang gelombang di medium 1 (m)

λ_2 = panjang gelombang di medium 2 (m)

Contoh soal:

1. Cahaya merambat dari udara menuju air. Jika cepat rambat cahaya di udara 3×10^8 m/s, indeks bias udara 1 dan indeks bias air $\frac{4}{3}$. Berapakah cepat rambat cahaya di dalam air?

   Penyelesaian:

   Diketahui : $C_u = 3 \times 10^8$ m/s

   $n_u = 1$

   $n_a = 4/3$

   Ditanya : C_a =?

   Jawab :

   $$\frac{n_u}{n_a} = \frac{C_a}{C_u}$$

   $$\frac{1}{4/3} = \frac{C_a}{3 \,.\, 10^8}$$

   $$C_a = \frac{3 \,.\, 10^8}{4/3}$$

   $$= 3 \,.\, 10^8 \,.\, \frac{3}{4}$$

   $$C_a = 2{,}25 \,.\, 10^8 \text{ m/s}$$

   Jadi, cepat rambat cahaya di dalam air $2{,}25 \times 10^8$ m/s

2. Cepat rambat cahaya di udara 3×10^8 m/s dengan frekuensi 6×10^{14} Hz. Hitunglah panjang gelombang cahaya di:

   a. udara

   b. kaca (nk = 1,5)

Penyelesaian:

Diketahui : $C_1 = 3 \times 10^8$ m/s

$f_1 = 6 \times 10^{14}$ Hz

$n_1 = 1$

$n_2 = 1{,}5$

Ditanya : a) λ_1 =?

b) λ_2 =?

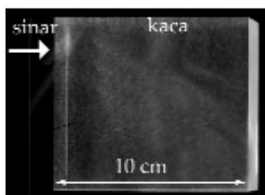
Jawab :

a.
$$C_1 = \lambda_1 \cdot f_1$$
$$3 \cdot 10^8 = \lambda_1 \cdot 6 \cdot 10^{14}$$
$$\lambda_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^{14}}$$
$$= \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \text{ m}$$
$$\lambda_1 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

b.
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$
$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1 \cdot n_1}{n_2}$$
$$= \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{3/2}$$
$$= \frac{10}{3} \cdot 10^{-7}$$
$$\lambda_2 = 3{,}3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut sengan benar!

1. Indeks bias air 4/3 dan indeks bias kaca 3/2. Tentukan indeks bias relatif:
   a. air terhadap kaca
   b. kaca terhadap air
2.

   Seberkas sinar diarahkan tegak lurus pada kaca plan pararel yang ketebalannya 10 cm seperti gambar.
   a. Gambarlah sinar bias yang keluar dari kaca!
   b. berapakah lama waktu yang dibutuhkan sinar menembus kaca?
   Cepat rambat cahaya = 3×10^8 m/s

2. Kedalaman Semu

Jika kita perhatikan dasar kolam renang yang berisi air jernih tampak lebih dangkal dari yang sebenarnya. Untuk mengetahui hubungan kedalaman semu dan kedalaman yang sebenarnya perhatikan kegiatan di bawah ini.

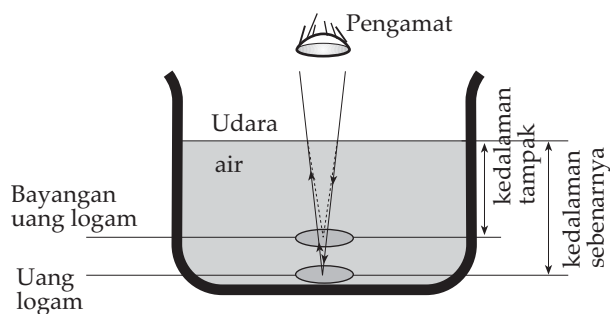
Kegiatan:

a. Isilah bejana kaca/akuarium dengan air hampir penuh!
b. Letakkan sekeping uang logam pada dasar bejana!
c. Amati uang logam secara tegak lurus dari atas permukaan air!

Diskusi:

Bagaimana letak uang logam?

Mengapa?

Dari kegiatan tadi dapat digambar seperti berikut!

Gambar 17.20 Indeks bias air

Uang logam yang terlihat merupakan kedalaman air yang tampak lebih dangkal dari kedalaman sebenarnya. Untuk menghitung kedalaman semu digunakan rumus:

$$d' = \frac{d}{n}$$

d′ = kedalaman semu (m)

d = kedalaman sebenarnya (m)

n = indeks bias zat cair

Contoh soal:

Seekor ikan sedang berenang pada kedalaman 1,2 m di bawah permukaan air danau $\left(n = \frac{4}{3}\right)$. Berapakah kedalaman semu ikan bila diamati tegak lurus di atas permukaan air?

Penyelesaian:

Diketahui : d = 1,2 m

$n = \frac{4}{3}$

Ditanya : d′ =?

Jawab :

$$d' = \frac{d}{n} = \frac{1,2}{4/3} = 0,9$$

Jadi, kedalaman semu ikan 0,9 m

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

Sebuah bak berisi penuh dengan air setinggi d dan di dasar bak terdapat sebutir batu. Bila dilihat tegak lurus diatas permukan air, batu naik setinggi 10 cm. Berapakah kedalaman batu sebenarnya? Indeks bias air 4/3.

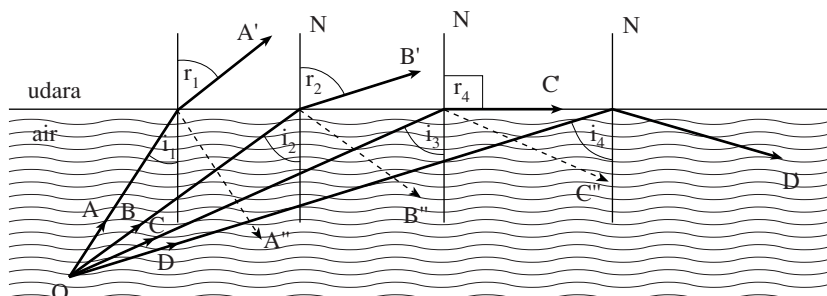
3. Pemantulan Sempurna

Pernahkah kalian melihat penampakan seperti adanya genangan air di atas jalan beraspal saat siang hari yang panas seperti gambar di bawah ini?

Sumber:Fisika untuk Sains adn Teknik. Erlangga

Gambar 17.21 Pemantulan nyata dari sepeda motor dan mobil pada sebuah jalan yang panas siang hari

Kejadian di atas disebut *fatamorgana* yang timbul akibat pemantulan sempurna. Mengapa terjadi pemantulan sempurna? Untuk mengetahuinya ikuti penjelasan berikut ini.

Misalnya ada sebuah sumber cahaya di dalam air seperti gambar.

Gambar 17.22 Arah sinar pembiasan cahaya.

Sumber cahaya memancarkan cahaya ke segala arah misalnya sinar A, B, C, dan D. Sinar A tidak mengalami pembiasan dan pemantulan tetapi diteruskan.

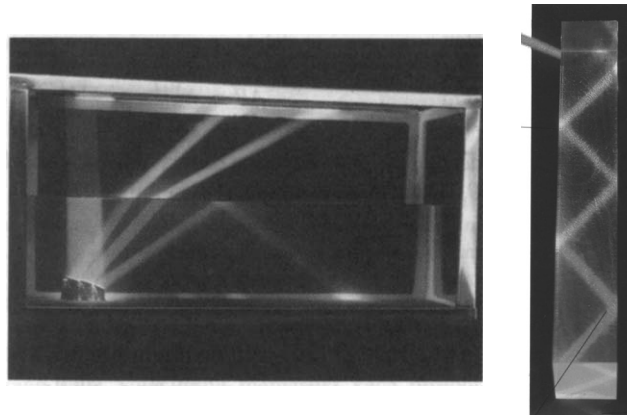
Sinar B dengan sudut datang i, sebagian dipantulkan (B) dan sebagian dibiaskan (B")dengan sudut bias r.

Sedangkan sinar C dengan sudut datang i_k juga mengalami pemantulan (C) dan pembiasan (C") dengan sudut bias 90^o. Akan tetapi, sinar D dengan sudut datang i yang lebih besar dari i_k ternyata mengalami pemantulan seluruhnya atau dengan kata lain mengalami pemantulan sempurna.

Dengan demikian, maka pemantulan sempurna terjadi jika:

a. sinar berasal dari medium rapat ke medium kurang rapat
b. sudut datang lebih besar daripada sudut kritis

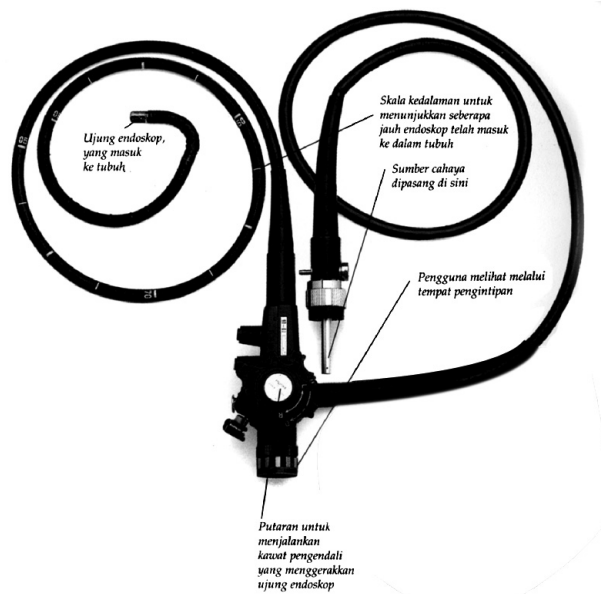
Sudut kritis (i_k) adalah sudut datang dengan sudut bias (r) = 90^o

Amatilah gambar di bawah ini.

Sumber:Fisika untuk Sains adn Teknik. Erlangga

Gambar 17.23 Pemantulan cahaya.

Manakah yang mengalami pemantulan sempurna?

Contoh lain dari pemantulan sempurna adalah sebagai berikut.

a. Berlian yang tampak berkilauan.
b. Pemantulan pada serat optik yang dipakai dalam kedokteran sebagai alat lacak (probes) untuk memeriksa berbagai organ dalam tubuh tanpa pembedahan.
c. Penggunaan serat optik dengan menggunakan sinar laser sebagai pengganti arus listrik dan gelombang radio sebagai pembawa sinyal. Hal tersebut karena gelombang cahaya memiliki frekuensi lebih tinggi sehingga jumlah informasi per satuan waktu yang disalurkan lebih banyak daripada melalui kabel biasa atau gelombang radio.

Sumber: Jendela Iptek Cahaya

Gambar 17.24 Endoskop.

4. Pembiasan Cahaya Pada Lensa

Apakah lensa itu?

Adakah di antara kalian yang menggunakan kaca mata?

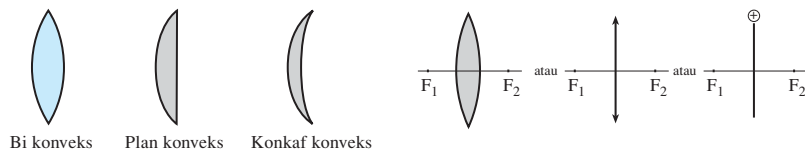
Jenis lensa apa yang dipakai? Bagaimana terbentuknya bayangan dan bagaimana pula sifat bayangannya?

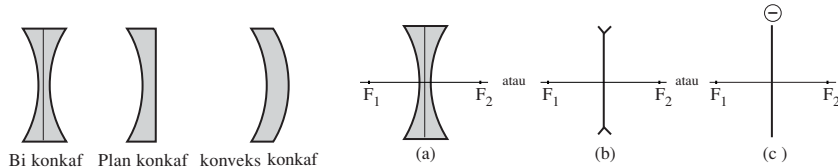
Untuk menjawab ikuti penjelasan berikut ini.

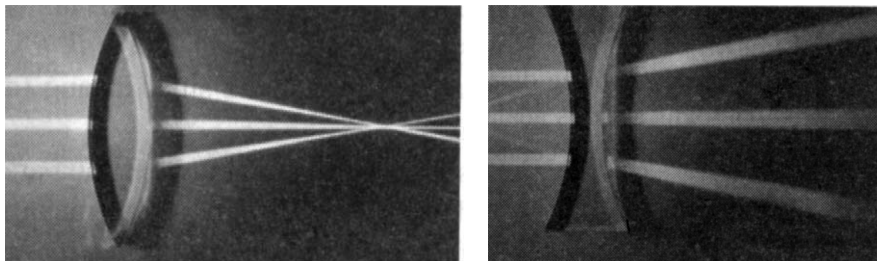
a. Jenis-jenis Lensa

Lensa adalah benda bening yang dibatasi oleh dua bidang.

Kedua bidang dapat berupa bidang lengkung atau satu bidang lengkung dan satu bidang datar. Berdasarkan pengertian tersebut lensa terbagi menjadi dua, yaitu lensa cekung dan lensa cembung yang masing-masing terdiri atas 3 bentuk lensa seperti gambar berikut ini.

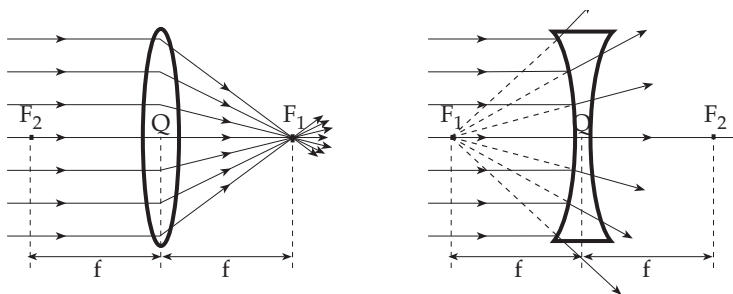
Lensa cembung

Gambar 17.25
Beberapa bentuk lensa cembung dan simbolnya

Lensa cekung

Gambar 17.26
Beberapa bentuk lensa cekung dan simbolnya

Dari kedua gambar tersebut kedua lensa dapat dibedakan berdasarkan ciri fisik yaitu lensa cembung memiliki bagian tengah lebih tebal dari bagian tepi. Bagaimana ciri fisik lensa cekung? Bagaimana sifat kedua lensa?

Sumber: Fisika 2000 SMU 2b, Erlangga

Gambar 17.27 Sifat lensa cembung dan cekung terhadap cahaya.

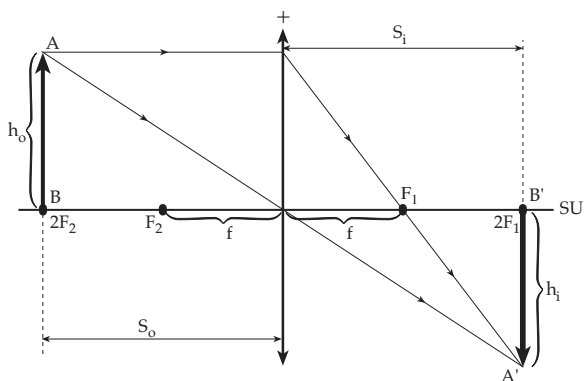
Karena lensa cembung bersifat mengumpulkan cahaya, maka lensa cembung disebut juga *lensa konvergen*. Adapun lensa cekung menyebarkan cahaya sehingga disebut *lensa divergen*.

Bagaimana titik fokus kedua lensa?

Gambar 17.28 Titik fokus lensa cembung dan cekung

Perhatikan garis-garis sinar lensa cembung pada gambar 17.27. Sinar-sinar yang dibiaskan ternyata mengumpul di satu titik. Titik tersebut selanjutnya disebut titik fokus, dan titik fokus lensa tersebut nyata sehingga jarak fokus lensa bertanda positif. Oleh karena itu, lensa cembung disebut lensa positif.

Untuk lensa cekung, titik fokusnya maya karena diperoleh dari perpotongan sinar bias sehingga jarak fokus bertanda negatif. Oleh karena itu lensa ini disebut lensa negatif.

b. Bagian-bagian Lensa

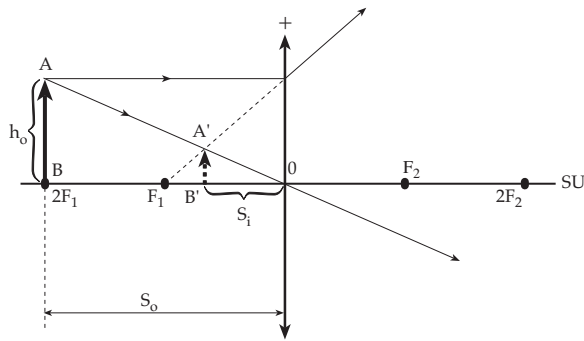
Lensa Cembung

Gambar 17.29 Variabel pada lensa cembung

Keterangan:

ho = tinggi benda (m, cm)
hi = tinggi bayangan (m, cm)
So = jarak benda (m, cm)
Si = jarak bayangan (m, cm)
f = jarak fokus (m, cm)

Sifat bayangan:

1. nyata
2. sama
3. terbalik

Lensa Cekung

Keterangan:

ho = tinggi benda (m, cm)
hi = tinggi bayangan (m, cm)
So = jarak benda (m, cm)
Si = jarak bayangan (m, cm)
f = jarak fokus (m, cm)

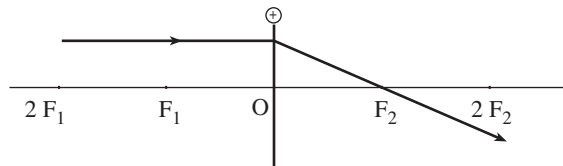
Gambar 17.30 Variabel pada lensa cembung

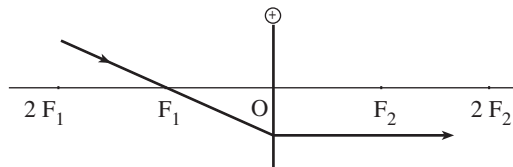
Sifat bayangan:

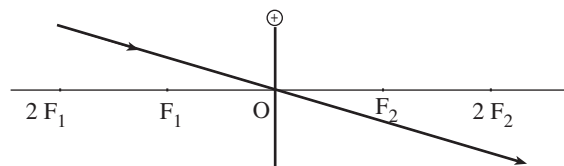
1. maya
2. lebih kecil
3. terbalik

c. Sinar-sinar Istimewa

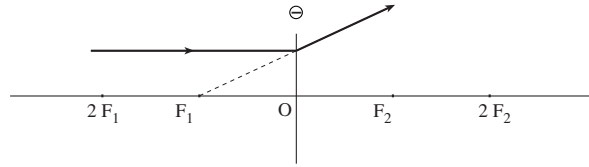
Lensa cembung

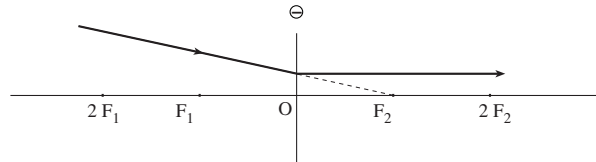
1) Sinar datang sejajar sumbu utama lensa dibiaskan melalui titik fokus.

Gambar 17.31 (a) Sinar sejajar sumbu utama

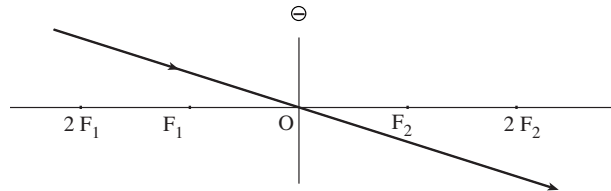
2) Sinar datang melalui titik fokus dibiaskan sejajar sumbu utama.

Gambar 17.31 (b) Sinar melalui titik fokus

3) Sinar datang melalui titik pusat optik diteruskan tanpa membias.

Gambar 17.31 (c) Sinar melalui titik pusat

Lensa cekung

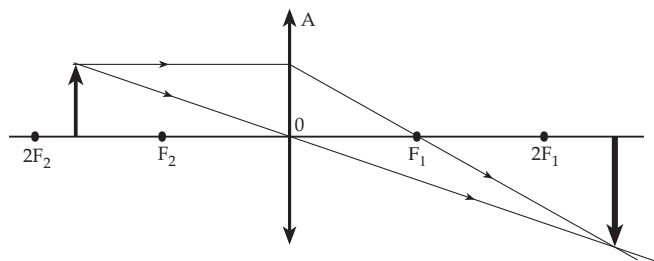
1) Sinar datang sejajar sumbu utama dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus.

Gambar 17.32 (a) Sinar sejajar sumbu utama

2) Sinar datang menuju titik fokus dibiaskan sejajar sumbu utama.

Gambar 17.32 (b) Sinar menuju titik fokus

3) Sinar datang melalui titik pusat optik diteruskan tanpa membias.

Gambar 17.32 (c) Sinar melalui pusat optik

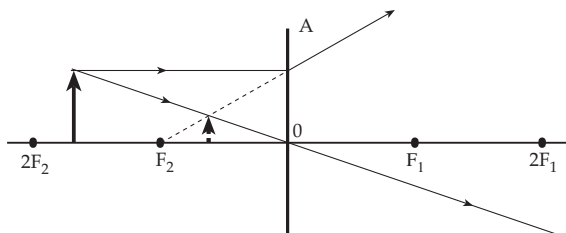
d. Lukisan Bayangan

Untuk melukis bayangan, minimal digunakan 2 buah sinar istimewa seperti contoh.

Lensa Cembung

Gambar 17.33 Bayangan pada lensa cembung

Sifat bayangan:

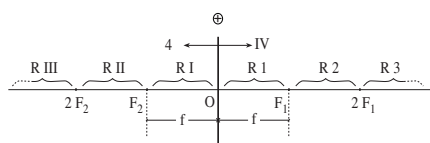
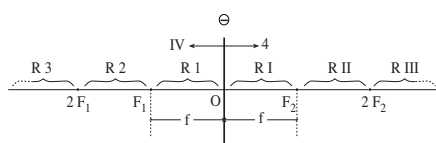
1) nyata
2) terbalik
3) diperbesar

Lensa Cekung

Gambar 17.34 bayangan pada lensa cekung

Sifat bayangan:

1) maya
2) tegak
3) diperkecil

e. Pembagian Ruang pada Lensa

1) *Lensa Cembung*

2) *Lensa Cekung*

Gambar 17.35 Pembagian ruang pada lensa cekung dan cembung

Keterangan:

I, II, III, IV = ruang benda

1, 2, 3, 4 = ruang bayangan

Pada kedua lensa juga berlaku "aturan lima"

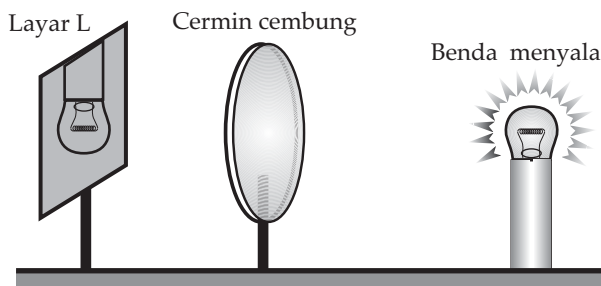
UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

Lukis bayangan yang dibentuk lensa cembung dan sebutkan pula sifat bayangannya, bila benda berada:

a) Di ruang III
b) Tepat di 2F
c) Tepat di F
d) Di ruang I

Kegiatan 17.5 Lensa cembung

1. Tujuan : 1) Menentukan hubungan jarak benda, jarak bayangan dan jarak fokus.
   2) Menyebutkan sifat bayangan
2. Alat dan bahan:
   1) bangku optik 1 buah
   2) lensa cembung 1 buah (f = 10 cm)
   3) benda 1 buah
   4) layar 1 buah
3. Langkah kerja:
   1) Letakkan lensa di antara benda dengan layar pada bangku optik seperti gambar!

   2) Geser-geserlah letak layar sepanjang mistar pada bangku optik sehingga bayangan benda terlihat jelas pada layar!
   3) Ukur jarak layar dari lensa (Si) dan jarak benda dari lensa (So). Masukkan dalam tabel!
   4) Tulislah sifat bayangan dalam tabel!
   5) Ulangi langkah (b) sampai dengan (d) untuk melengkapi tabel!

   Tabel Pengamatan

No.	So (cm)	Si (cm)	f (cm)	$\frac{1}{So}$	$\frac{1}{Si}$	$\frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$	$\frac{1}{f}$	Sifat bayangan
1.	12	....	10	....	....	.....	$^1/_{10}$	....
2.	15	....		....	....	....	.....	....
3.	20	....		....	....	....	.....	....
4.	25	....		....	....	....	.....	....
5.	30	....		....	....	....	.....	....

Diskusi

a. Bagaimanakah besar $\frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$ dengan $\frac{1}{f}$?

b. Nyatakan hubungan $\frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$ dengan $\frac{1}{f}$?

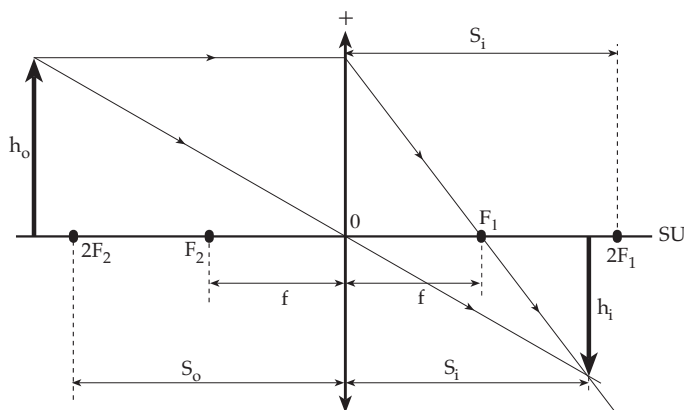
c. Sebutkan ruang benda dan ruang bayangan pada masing-masing nomor!

Kesimpulan

Buatlah kesimpulan berdasarkan petunjuk berikut!

Hubungan antara So, Si, dan f dinyatakan dengan persamaan. bagaimanakah persamaannya?

f. Rumus-rumus Lensa

Untuk memahami rumus pada lensa, perhatikan gambar berikut!

Gambar 17.36 Variabel pada lensa cembung

Keterangan:

ho = tinggi benda (m, cm)
hi = tinggi bayangan (m, cm)
So = jarak benda (m, cm)
Si = jarak bayangan (m, cm)
f = jarak fokus (m, cm)

Rumus-rumus:

1) $$\frac{1}{So} + \frac{1}{Si} = \frac{1}{f}$$

2) Perbesaran bayangan (M)

$$M = \left|\frac{Si}{So}\right|$$ atau $$M = \left|\frac{hi}{ho}\right|$$

3) Kekuatan lensa (P)

$$P = \frac{1}{f}$$ atau $$P = \frac{100}{f}$$

f dalam meter f dalam cm

P = kekuatan lensa (dioptri)

Untuk lensa cekung, nilai P dan f selalu negatif.

Contoh soal:

1. Suatu benda diletakkan 15 cm di depan lensa cembung yang berjarak fokus 10 cm.
   a. Di manakah letak bayangannya?
   b. Berapakah perbesarannya?
   c. Berapakah kekuatan lensanya?
   d. Bagaimana pula sifat bayangannya?

   Penyelesaian:

   Diketahui : So = 15 cm
   f = 10 cm

   Ditanya : a) Si = ...?
   b) M = ...?
   c) P = ...?
   d) Sifat bayangan?

   Jawab :

   a. $$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$$
   $$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{Si}$$
   $$\frac{1}{Si} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$$
   $$= \frac{3-2}{10}$$
   $$\frac{1}{Si} = \frac{1}{30}$$
   Si = 30 cm

   b. $$M = \left|\frac{Si}{So}\right|$$
   $$= \left|\frac{30}{15}\right|$$
   M = 2

   c. $$P = \frac{100}{f}$$
   $$= \frac{100}{10}$$
   P = 10 dioptri

   d) Sifat bayangan: nyata (Si +), terbalik, diperbesar (M > 1)

2. Sebatang jarum dengan tinggi 3 cm diletakkan 15 cm di depan lensa konvergen dan oleh lensa dihasilkan bayangan nyata dengan tinggi 1 cm. Berapakah jarak fokus lensa tersebut?

   Penyelesaian:

   Diketahui : ho = 15 cm; hi = 1 cm
   So = 10 cm

Ditanya : f = ...?

Jawab:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si} \rightarrow$

Sehingga :

$\frac{1}{f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{7,5}$

$\frac{1}{f} = \frac{1+2}{15}$

$\frac{1}{f} = \frac{3}{5}$

$\frac{1}{f} = \frac{15}{3} = 5$ cm

$Si = M \,.\, So$

$= \frac{hi}{ho} \,.\, So$

$= \frac{1}{2} \,.\, 15$ cm

$Si = 7,5$ cm

Jadi, jarak fokus lensa 5 cm

3. Lensa cekung dengan kekuatan 10 dioptri menghasilkan bayangan dengan ukuran $\frac{1}{4}$ kali bendanya.

   Berapakah:

   a) jarak benda

   b) jarak bayangan

   Penyelesaian:

   Diketahui : P = –10 dioptri

   $M = \frac{1}{4}$ (maya)

   Ditanya : a) So = ...?

   b) Si = ...?

   Jawab:

   a. $\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si} \rightarrow$

   $\frac{1}{-10} = \frac{1}{So} + \frac{1}{-So/4}$

   $\frac{1}{-10} = \frac{1}{So} + \frac{4}{So}$

   $\frac{1}{-10} = \frac{-3}{So}$

   So = 3 . 10 = 30 cm

   $Si = M \,.\, So$

   $= -\frac{1}{4} So$

   $Si = -\frac{So}{4}$

b. $Si = -\frac{So}{4}$

$= -\frac{30}{4}$

$Si = -7,5$ cm

UJI PEMAHAMAN

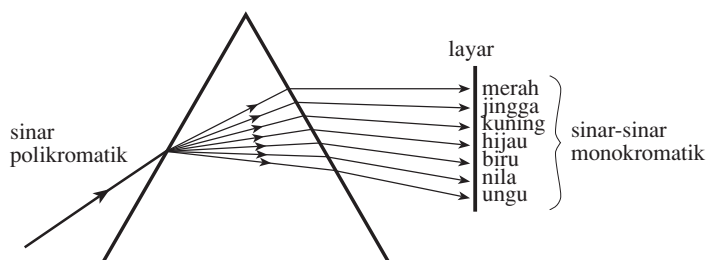
Kerjakan soal berikut dengan benar!

Benda berada 5 cm di depan lensa cekung yang berjarak fokus 20 cm. Tentukan:

a. kekuatan lensa
b. letak bayangan
c. perbesaran bayangan
d. sifat bayangan

5. Dispersi

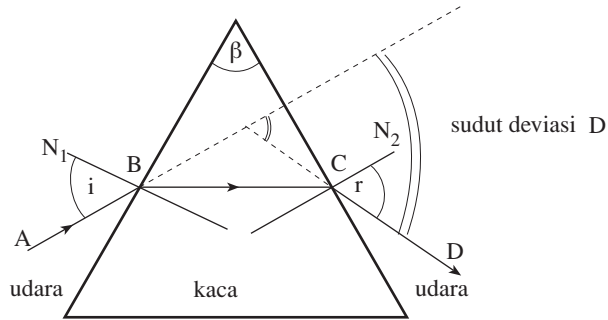
Pernahkah kalian melihat pelangi? Pelangi merupakan contoh peristiwa dispersi cahaya matahari melalui pembiasan dalam tetes-tetes air. Untuk memahami dispersi perhatikan gambar berikut ini.

Ketika sinar putih/sinar matahari dijatuhkan pada prisma kaca maka sinar tersebut akan terurai menjadi spektrum warna.

Gambar 17.37 Dispersi cahaya

Dari hasil percobaan ternyata, sinar putih terdiri atas berbagai warna. Oleh karena itu sinar putih disebut juga *sinar polikromatik*. Adapun tiap-tiap warna pada spektrum disebut *sinar monokromatik/sinar tunggal,* karena tidak dapat diuraikan lagi.

Peristiwa terurainya sinar putih menjadi spektrum warna disebut *dispersi*. Dispersi disebabkan karena perbedaan indeks bias tiap-tiap warna.

Adanya perbedaan indeks bias tiap-tiap warna menyebabkan sudut deviasi tiap-tiap warna juga berbeda. Apakah sudut deviasi itu?

Untuk memahaminya perhatikan gambar berikut.

Gambar 17.38 Sudut deviasi

Seberkas sinar (AB) dari udara masuk ke prisma dengan sudut datang i, kemudian sinar dibiaskan mendekati normal N_1 di dalam prisma yaitu BC dan akhirnya sinar dibiaskan keluar dari prisma menjauhi normal N_2 yaitu CD dengan sudut bias r.

Sudut deviasi D adalah sudut apit yang dibentuk oleh perpanjangan sinar datang yang masuk ke dalam prisma dengan sinar bias yang keluar dari dalam prisma.

Besarnya sudut deviasi dapat dihitung dengan rumus:

$$D = i + r - \beta$$

i = sudut datang sinar yang masuk dalam prisma
r = sudut bias sinar yang keluar dari prisma
β (beta) = sudut puncak/sudut pembias prisma
D = sudut deviasi

Contoh soal:

Sinar datang menuju prisma dengan sudut datang 50° dan dibiaskan keluar dari prisma dengan sudut bias 57°. Jika sudut puncak prisma 60°, berapa sudut deviasinya?

Penyelesaian:

Diketahui : i = 50°, r = 57°, dan b = 60°

Ditanya : D =...?

Jawab :

D = i + r – b

= 50 + 57 – 60

D = 47°

Jadi, sudut deviasinya adalah 47°

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Seberkas sinar monokromatik jatuh pada salah satu sisi prisma kaca dengan sudut pembias 40°. Ternyata besar sudut bias dari sinar yang meninggalkan prisma = 30°. Jika besar sudut deviasi = 10° berapakah besar sudut datang sinar pada prisma kaca?
2. Seberkas sinar jatuh pada prisma kaca dengan sudut pembias 10°. Ternyata deviasi minimumnya = 4°. Berapakah besar sudut datang sinar?

RANGKUMAN

1. Sifat cahaya: merambat lurus, dapat dipantulkan, dapat dibiaskan, dapat diuraikan
2. Bayang-bayang ada dua, yaitu umbra dan penumbra.
3. Pemantulan ada 2 yaitu :
   a. teratur, terjadi pada permukaan rata dan mengkilap.
   b. baur/difus, terjadi pada permukaan yang tidak teratur dan kusam.
4. Sifat bayangan pada cermin datar: sama, tegak, maya.
5. Panjang cermin minimal agar seluruh bayangan terlihat dirumuskan:

$$P = \frac{1}{2}h$$

6. Jumlah bayangan yang dibentuk oleh 2 buah cermin datar yang membentuk sudut $\alpha \rightarrow n = \frac{360}{\alpha} - 1$
7. Pada cermin berlaku:

   a. $\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$

   b. $\frac{2}{R} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$

   c. $R = 2.f$

   d. $M = \left|\frac{S_i}{S_o}\right| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$

   Catatan:
   - Untuk cermin cekung, nilai f dan R (+)
   - Untuk cermin cembung, nilai f dan R (-)
8. Pembiasan adalah peristiwa pembelokan arah rambat cahaya karena cahaya melalui medium-medium yang berbeda.

9. Indeks bias

a. Mutlak: perbandingan cepat rambat cahaya di ruang hampa dengan cepat rambat cahaya di medium.

$$n = \frac{C}{C_n}$$ dan $C = \lambda . f$

$Cn = \lambda n . fn$

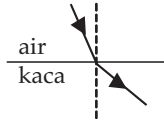
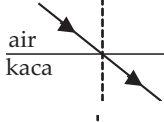
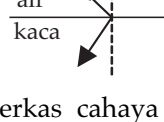
b. Relatif: perbandingan indeks bias medium satu dengan medium yang lain.

$$n_{12} = \frac{n_1}{n_2}$$

10. Hukum pembiasan
    a. Sinar datang, garis normal dan sinar bias terletak pada satu bidang datar.
    b. Sinar datang dari medium renggang ke medium rapat akan dibiaskan mendekati garis normal dan sebaliknya.
11. Kedalaman semu: $d = \frac{d_1}{n}$
12. Pemantulan sempurna terjadi jika sudut datang lebih besar dari sudut kritis.

    Sudut kritis adalah sudut datang yang menghasilkan sudut bias 90°.
13. Pembiasan pada lensa, berlaku (lensa tipis)

    a. $P = \frac{1}{f}$ atau $P = \frac{100}{f}$

    b. $\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$

    c. $M = \left|\frac{S_i}{S_o}\right| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$

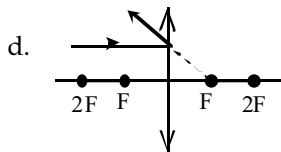
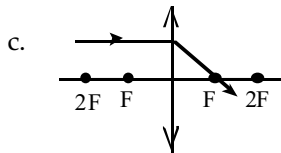
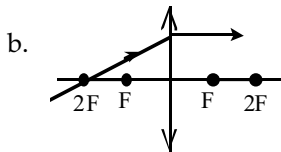
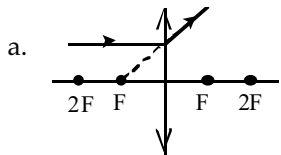
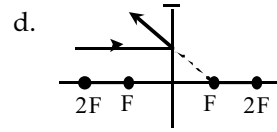
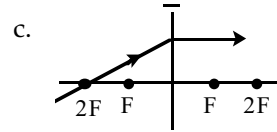
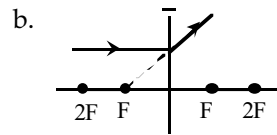
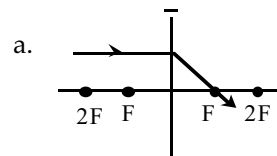
    Catatan:
    - Lensa cembung, P dan f (+)
    - Lensa cekung, P dan f (-)
14. Dispersi: terurainya sinar putih (polikromatik) menjadi sinar tunggal (monokromatik).
15. Penyebab dispersi: perbedaan indeks bias sinar monokromatik.

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d di depan jawaban yang tepat!

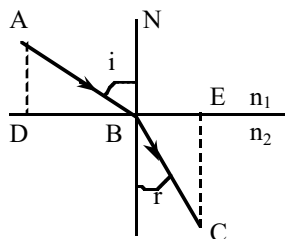
1. Dalam perambatannya, cahaya ....
   a. tidak memerlukan medium
   b. memerlukan medium
   c. tidak dapat dibelokkan
   d. tidak dapat dibiaskan
2. Pemantulan cahaya pada cermin adalah contoh dari ....
   a. pemantulan sempurna
   b. pemantulan reguler
   c. pemantulan difus
   d. pemantulan tidak sempurna
3. Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar .....
   a. maya, tegak, dan sama
   b. maya, tegak, dan diperkecil
   c. nyata, tegak, dan sama
   d. nyata, tegak, dan diperbesar
4. Dua buah cermin datar membentuk sudut 30º. Jika sudut kedua cermin ditambah 60º, maka bayangannya ....
   a. bertambah 5 buah
   b. bertambah 3 buah
   c. berkurang 5 buah
   d. berkurang 8 buah
5. Suatu benda yang diletakkan di depan cermin cekung dan berada di belakang titik pusat kelengkungan cermin, akan mempunyai sifat bayangan ....
   a. maya, tegak, dan diperkecil
   b. maya, terbalik, dan diperbesar
   c. nyata, tegak, dan diperbesar
   d. nyata, terbalik, dan diperkecil
6. Seberkas cahaya dijatuhkan pada cermin cembung, maka sinar pantulnya ....
   a. mengumpul
   b. menyebar
   c. membelok
   d. membias
7. Suatu benda berada 15 cm di depan cermin cembung yang berjari-jari 20 cm. Jika tinggi benda 3 cm, tinggi bayangan yang dihasilkan ....
   a. 3,75 cm   c. 1,2 cm
   b. 2,4 cm   d. 0,75 cm
8. Gambar pembiasan yang benar adalah ....

   a.
   b.
   c.
   d.
9. Seberkas cahaya dengan panjang gelombang 5000 A merambat di dalam kaca (n_k = 1,5). Panjang gelombang ketika di udara (n_u = 1) sebesar ....
   a. 3333,3 A
   b. 5000 A
   c. 7.500 A
   d. 10.000 A
10. Agar bayangan yang dihasilkan lensa cembung bersifat maya, terbalik dan diperbesar, maka benda harus diletakkan di ruang ....
   a. I   c. III
   b. II   d. IV

11. Sebuah benda berada di depan lensa cembung yang jarak fokusnya 10 cm. Bayangan terletak 15 cm dan maya. Jarak bendanya ....
    a. 60 cm   c. 6 cm
    b. 30 cm   d. 5,4 cm
12. Gambar sinar istimewa pada lensa cembung adalah ....

    a.
    b.
    c.
    d.
13. Gambar sinar istimewa pada lensa cekung adalah ....

    a.
    b.
    c.
    d.
14. Lensa cekung dapat menyebarkan sinar. Oleh karena itu lensa cekung disebut juga dengan lensa ....
    a. bikonveks
    b. konvergen
    c. divergen
    d. bifokal
15. Benda setinggi 5 cm terletak 5 cm di depan lensa negatif yang berkekuatan –5 dioptri. Tinggi bayangannya adalah ....
    a. 12,5 cm   c. 1,3 cm
    b. 4 cm   d. 1,2 cm

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

1. Seseorang dengan tinggi badan 170 cm dan tinggi mata 160 cm bercermin di depan sebuah cermin datar. Agar ia dapat melihat bayangan seluruh tubuhnya berapa panjang minimal cermin datar yang dapat digunakan? Berapa ketinggian bagian cermin harus dipasang?
2. Sebuah benda yang tingginya 4 cm berada 20 cm di depan cermin cembung yang berjarak titik fokus 10 cm. Tentukan:
    a. letak bayangan yang terbentuk
    b. perbesaran bayangan
    c. tinggi bayangan yang terbentuk
    d. sifat-sifat bayangan yang terbentuk

3.

Gambar tersebut menggambarkan jalannya sinar yang datang dari medium I ke medium II. Panjang sinar datang AB = panjang sinar bias BC. DB dan BE adalah proyeksi sinar datang dan sinar bias pada bidang batas medium I dan medium II. Jika nilai $n_1 = \frac{4}{3}$ dan $n_2 = \frac{3}{2}$ serta panjang DB = 8 cm, berapa panjang BE?

4. Seberkas cahaya dengan panjang gelombang $8 \cdot 10^{-8}$ m merambat di udara dengan kecepatan $1 \cdot 10^{8}$ m/s dan masuk ke dalam air yang berindeks bias $\frac{4}{3}$.

   Jika indeks bias udara = 1, tentukan panjang gelombang dan cepat rambat cahaya dalam air!

5. Sebuah benda setinggi 5 cm berada di depan lensa cembung yang berkekuatan 5D. Jika ternyata bayangan yang terbentuk terbalik dan mempunyai tinggi 15 cm, tentukan letak benda dari lensa!

BAB 18

ALAT-ALAT OPTIK

Standar Kompetensi:

- *Memahami konsep dan penerapan getaran, gelombang dan optik dalam produk teknologi sehari-hari.*

Kompetensi Dasar:

- *Mendeskripsikan alat-alat optik dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.*

ALAT-ALAT OPTIK

MATA

KAMERA

LUP

MIKROSKOP

TEROPONG

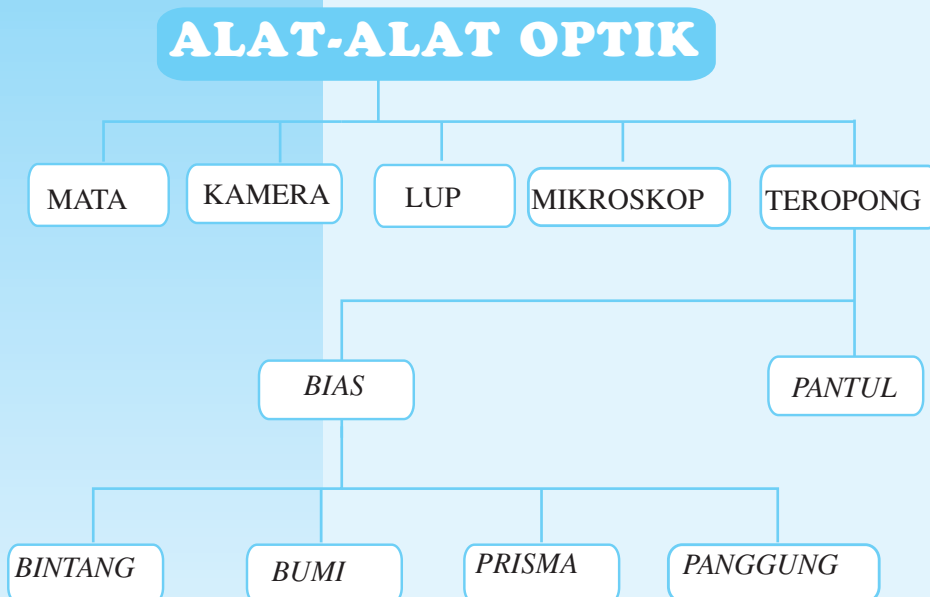
BIAS

PANTUL

BINTANG

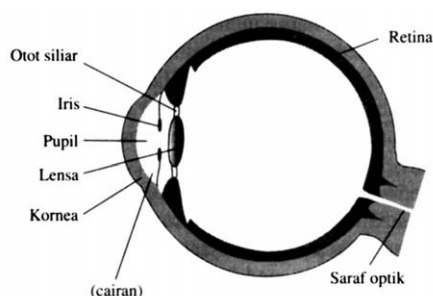
BUMI

PRISMA

PANGGUNG

Dalam materi pokok sebelumnya, kalian sudah mempelajari cermin, lensa, dan prisma. Selanjutnya pada materi pokok ini kalian akan mempelajari penerapannya untuk dibuat menjadi alat bantu penglihatan manusia yang dinamakan alat optik.

A. MATA

Mata merupakan salah satu indra manusia yang berfungsi untuk melihat.

1. Bagian-bagian Mata

Gambar 18.1
Bagian-bagian mata manusia.

Fungsi bagian-bagian mata

a. **Kornea**

Kornea merupakan lapisan terluar yang jernih dan berfungsi sebagai pelindung.

b. **Cairan** berfungsi membiaskan cahaya yang masuk ke mata.

c. **Iris atau selaput pelangi atau anak mata**

Iris berfungsi untuk mengatur cahaya yang masuk ke mata dan memberi warna mata. Oleh karena itu, kita kenal ada orang bermata biru atau bermata coklat.

d. **Pupil**

Pupil berupa lubang atau celah yang dibentuk iris. Lubang pupil diatur oleh iris sesuai dengan banyak sedikitnya cahaya yang mengenai mata. Bila ditempat remang-remang, pupil akan membesar agar cahaya yang masuk ke mata lebih banyak dan sebaliknya.

e. **Lensa Mata**

Lensa mata berupa lensa cembung yang terbuat dari bahan bening, berserat dan kenyal.

f. **Otot siliar atau siliari**

Otot siliar berfungsi mengatur bentuk lensa sesuai dengan jarak benda. Apabila benda yang dilihat jauh, maka otot akan mengendor sehingga bentuk lensa akan memipih, sebaliknya bila benda yang dilihat dekat maka otot akan meningkatkan kecembungan lensa.

g. **Retina**

Retina merupakan tempat bayangan yang dihasilkan oleh lensa mata.

Agar dapat melihat bayangan dengan tajam, maka bayangan harus tepat di bagian retina yang disebut *bintik kuning*.

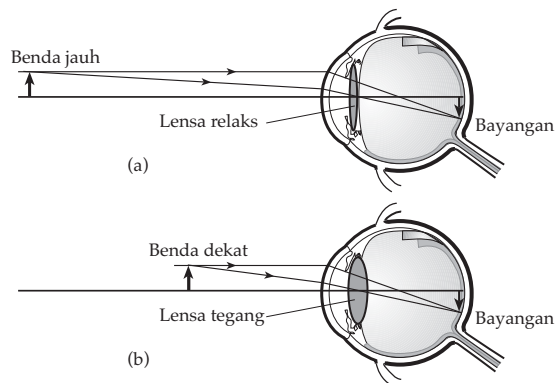
Karena bayangan bersifat nyata, maka bayangan benda di ruang II dari lensa mata.

h. Saraf Optik

Saraf optik berfungsi untuk mengirim sinyal ke otak.

2. Daya Akomodasi Mata

Agar benda dapat terlihat jelas, maka bayangan yang dihasilkan harus terletak tepat pada retina. Kita tahu bahwa jarak antara retina dengan lensa cenderung tetap, sedangkan jarak benda dengan mata selalu berubah. Agar bayangan tetap jatuh pada retina, maka lensa mata akan menyesuaikan dengan letak benda yang dilihat.

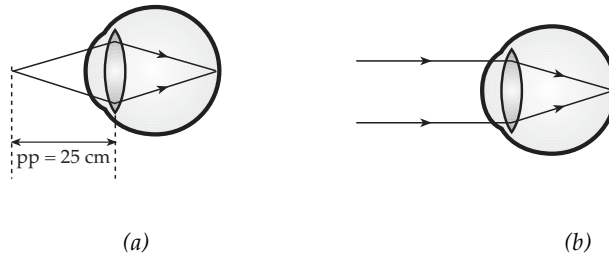
Perhatikan gambar berikut.

Gambar 18.2
Daya akomodasi mata

Ketika mata melihat benda jauh, lensa mata paling pipih sehingga jarak fokusnya paling besar. Dalam kondisi ini mata dikatakan relaks atau tidak berakomodasi (gambar a). Adapun saat mata melihat benda dekat, otot siliar akan menegang yang menyebabkan lensa mata menjadi lebih cembung sehingga jarak fokusnya lebih pendek. Pada saat itu mata dikatakan berakomodasi maksimum (gambar b).

Kemampuan lensa untuk menebal atau memipih atau mengubah kecembungan lensa disebut *daya akomodasi*.

3. Titik Dekat (Punctum Proxium = PP) dan Titik Jauh (Punctum Remotum = PR) Mata

Mata dapat melihat dengan jelas bila benda berada dalam jangkauan penglihatan yaitu antara titik dekat sampai dengan titik jauh.

Titik dekat adalah jarak terdekat antara benda dengan mata yang benda tersebut dapat terlihat dengan jelas ketika mata berakomodasi maksimum. Titik dekat manusia berubah-ubah sesuai usia. Makin tua usia, maka titik dekat mata makin besar. Untuk orang dewasa normal titik dekat mata + 25 cm.

Gambar 18.3
(a) titik dekat mata
(b) titik jauh mata

Titik jauh adalah jarak terjauh antara benda dengan mata di mana benda tersebut dapat terlihat dengan jelas ketika mata tak berakomodasi.

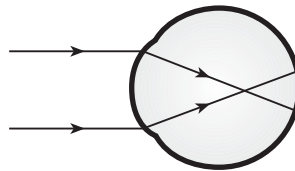
Untuk mata normal titik jauh mata adalah tak terhingga (∞).

4. Cacat Mata dan Penanggulangannya

Mata manusia memiliki keterbatasan karena daya akomodasi berkurang sehingga dapat menyebabkan timbulnya cacat mata, yang terbagi menjadi 3 yaitu rabun jauh, rabun dekat, dan mata tua.

a. Rabun Jauh (Miopi)

Pernahkah kalian melihat teman atau orang lain yang membaca tanpa kaca mata pada jarak yang sangat dekat dengan mata?

Jika ada maka teman atau orang tersebut menderita rabun jauh (miopi). Mengapa demikian?

Gambar 18.4 Rabun jauh.

Rabun jauh atau miopi adalah cacat mata di mana penderita kurang/tidak jelas melihat benda yang jaraknya jauh.

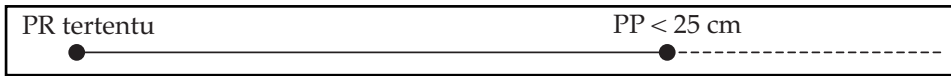
Dengan demikian, apabila penderita membaca tanpa kaca mata maka objek harus didekatkan ke mata. Penyebabnya karena lensa mata tidak dapat menjadi pipih ketika melihat jauh sehingga bayangan yang terbentuk terletak di depan retina.

Untuk mengatasinya harus ditolong dengan kaca mata berlensa cekung.

Lensa cekung berfungsi menyebarkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata, sehingga bayangan tepat pada retina.

Gambar 18.5

Rabun jauh ditolong dengan kacamata lensa cekung.

Jangkauan penglihatan mata miopi dapat dilihat seperti gambar di bawah ini!

Gambar 16.6 Jangkauan penglihatan mata miopi.

Karena kemajuan jaman, kaca mata dapat digantikan dengan sebuah lensa tipis yang ditempelkan langsung pada kornea.

Sumber: Fisika 2000 SMU 2b. Erlangga

Gambar 18.7

Lensa kontak dan cara pemakaiannya

Contoh soal:

Seseorang dapat melihat dengan jelas paling jauh pada jarak 200 cm. Agar ia dapat melihat kembali dengan normal, berapakah kekuatan lensa kaca mata yang dipakai?

Penyelesaian:

Diketahui : PR = 200 cm → Si = – 200 cm

So = ∞

Ditanya: P =?

Jawab:

$$P = \frac{100}{f} \qquad \rightarrow \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$$

$$= \frac{100}{-200} \qquad\qquad = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-200}$$

$$P = -\frac{1}{2}\text{ dioptri} \qquad \frac{1}{f} = -\frac{1}{200}$$

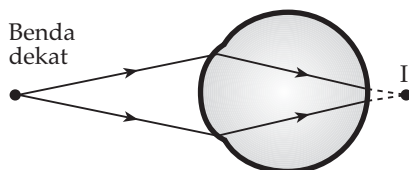
$$f = -200 \text{ cm}$$

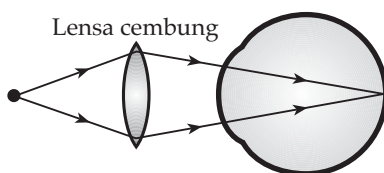
Petunjuk : Jika diketahui PR, maka lensa kaca mata akan menghasilkan bayangan pada PR nya, sehingga bayangannya maya (Si = –) oleh karena itu, Si = – PR

b. Rabun Dekat (Hipermetropi)

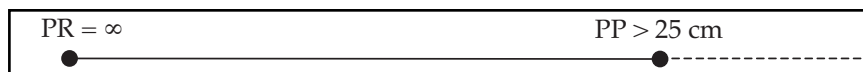
Seseorang yang membaca tanpa kaca mata dengan jarak baca agak jauh atau lebih dari 25 cm, merupakan ciri penderita rabun dekat.

Rabun dekat adalah cacat mata yang kurang/tidak jelas melihat dekat. Mengapa demikian?

Karena saat mata melihat dekat, lensa mata tidak dapat menjadi cembung sebagaimana mestinya sehingga bayangan dari benda yang dekat terbentuk di belakang retina.

Gambar 18.8 Rabun dekat

Untuk mengatasinya harus ditolong dengan kaca mata berlensa cembung.

Gambar 18.9
Rabun dekat ditolong dengan kacamata lensa cembung.

Lensa cembung berfungsi menguncupkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata sehingga bayangan jatuh tepat pada retina.

Jangkauan penglihatan penderita rabun dekat dapat dilihat seperti gambar di bawah ini.

Gambar 18.10 Jangkauan penglihatan mata rabun dekat (hipermetropi).

Contoh:

Titik dekat seseorang yang berpenglihatan jauh (rabun dekat) adalah 50 cm. Untuk membaca buku pada jarak 25 cm, berapa jarak fokus dan kekuatan lensa yang dipakai?

Petunjuk : Karena titik dekat 50 cm, maka lensa akan membentuk bayangan maya di titik dekat mata dari benda yang terletak pada jarak baca normal.

Penyelesaian:

Diketahui: PP = 50 cm → Si = –50 cm

So = 25 cm

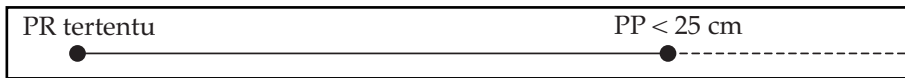
Ditanya: F dan P = ...?

Jawab:

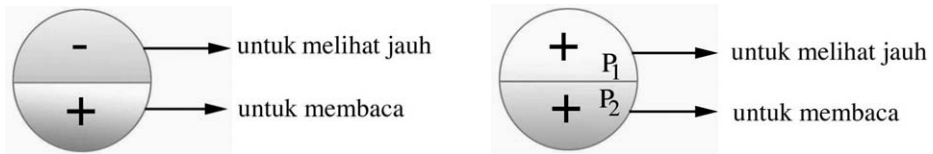
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$$
$$= \frac{1}{25} + \frac{1}{-50}$$
$$= \frac{1}{25} - \frac{1}{50}$$
$$= \frac{2-1}{50}$$
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{50}$$
$$f = 50 \text{ cm}$$

$$P = \frac{100}{f}$$
$$= \frac{100}{50}$$
$$P = 2 \text{ dioptri}$$

c. Mata Tua (Presbiopi)

Semakin bertambah usia, maka organ mata juga mengalami penuaan sehingga mengakibatkan berkurangnya daya akomodasi. Oleh karena itu, titik dekat dan titik jauh mengalami pergeseran. Jadi, mata tua (Presbiopi) adalah cacat mata akibat berkurangnya daya akomodasi pada usia lanjut. Jangkauan penglihatan pada cacat mata ini digambarkan seperti gambar berikut.

Gambar 18.11 Jangkauan penglihatan mata tua (presbiopi).

Untuk menolongnya diperlukan kaca mata berlensa rangkap atau bifokal, artinya satu lensa memiliki dua fokus.

Contoh lensa bifokal.

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Seseorang memiliki titik dekat 10 cm. Agar Ia kembali normal (membaca pada jarak 25 cm)

   Tentukan:

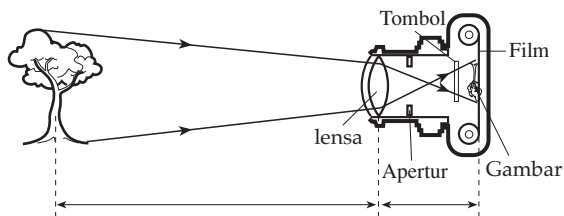
   a. Jarak fokus lensa yang akan di pakai

   b. Kekuatan lensanya

   c. Jenis lensa

2. Berapa titik dekat mata yang menggambarkan kaca mata berkekuatan +1 dioptri?

B. KAMERA

Prinsip kerja kamera mirip dengan mata kita sehingga boleh dikatakan bahwa kamera merupakan tiruan mata, karena keduanya dapat membentuk bayangan. Untuk lebih jelasnya perhatikan diagram kamera di bawah ini.

Gambar 18.12 Kamera dan bagian-bagiannya.

Fungsi bagian-bagian pada kamera.

1. Lensa, untuk membentuk bayangan nyata, diperkecil, dan terbalik.
2. Film, sebagai tempat bayangan.
3. Aperture (celah diafragma), sebagai jalan masuknya cahaya.
4. Diafragma, mengatur cahaya yang masuk melalui aperture.

Agar terbentuk bayangan pada film dengan cara mengubah-ubah jarak bayangan yaitu mengatur jarak antara film dengan lensa sehingga bayangan berada di ruang R-II dan benda di ruang R-III dari lensa.

Contoh soal:

Bayangan dari foto sebuah objek yang tercetak pada film memiliki tinggi 3 cm. Jika jarak fokus lensa kamera fokus 5 cm dan pengambilan foto berada 50 m dari objek. Berapakah tinggi objek?

Penyelesaian:

Diketahui : hi = 3 cm; f = 5 cm; So = 50 m = 5.000 cm

Ditanya : ho =?

Jawab :

$$ho = \frac{hi}{M} \rightarrow M = \frac{Si}{So} \rightarrow \frac{1}{Si} = \frac{1}{f} - \frac{1}{So}$$

$$= \frac{3}{1/1000}$$

$$= 3000 \text{ cm}$$

$$ho = 30 \text{ m}$$

$$M = \frac{5}{5000}$$

$$M = \frac{1}{1000}$$

$$\frac{1}{Si} = \frac{1}{5} - \frac{1}{5000}$$

$$= \frac{1000 - 1}{5000}$$

$$\frac{1}{Si} = \frac{999}{5000}$$

$$\frac{1}{Si} = \frac{5000}{999}$$

$$Si = 5 \text{ cm}$$

C. LUP (KACA PEMBESAR)

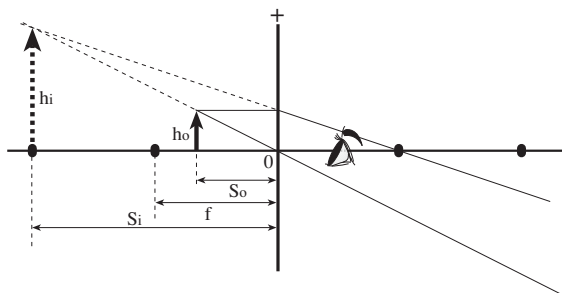
Lup atau kaca pembesar merupakan alat optik paling sederhana yang hanya berupa lensa cembung. Fungsi lup untuk mengamati benda-benda kecil agar tampak lebih besar. Sifat bayangan yang dihasilkan maya, tegak, dan diperbesar. Lup banyak dipakai oleh tukang arloji untuk mengamati mesin jam yang berukuran kecil.

Sumber: Doc Mefi

Gambar 18.13
Kaca pembesar digunakan untuk melihat angka-angka yang sangat kecil.

Pengamatan dengan menggunakan lup dibagi 2 yaitu:

1. Pengamatan dengan mata berakomodasi maksimum

Benda yang diamati harus terletak di ruang I sehingga bayangan di ruang IV seperti gambar.

Gambar 18.14 Pengamatan dengan lop, mata berakomodasi

Jika mata pengamat normal, maka bayangan terletak pada jarak 25 cm atau (Si = -25 cm). Tanda minus menunjukkan bahwa bayangan bersifat maya.

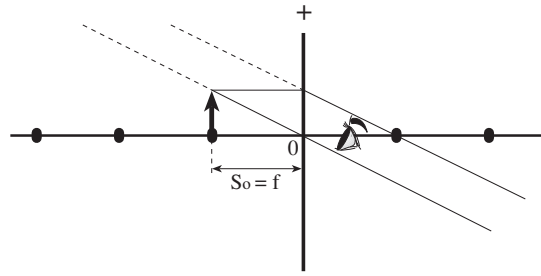
Sehingga perbesaran bayangannya:

$$M = \frac{25}{f} + 1$$

M = perbesaran

F = jarak fokus

2. Pengamatan dengan mata tak berakomodasi

Pengamatan ini bertujuan agar mata tidak cepat lelah. Oleh karena itu benda yang diamati harus diletakkan di titi fokus lensa.

Gambar 18.15 Pengamatan dengan lup, mata tak berakomodasi

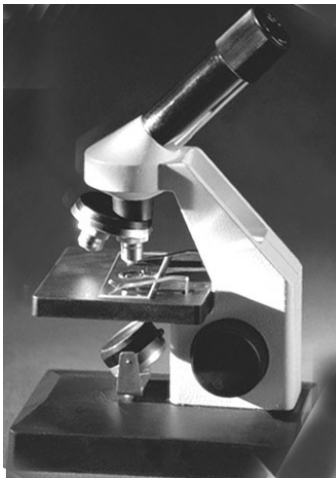
Bayangan yang dihasilkan terletak di titik jauh mata.

Perbesaran bayangannya

$$M = \frac{25}{f}$$

D. MIKROSKOP

Mikroskop merupakan alat optik yang berfungsi untuk mengamati benda-benda renik seperti penampang daun, akar bakteri, dan sel-sel.

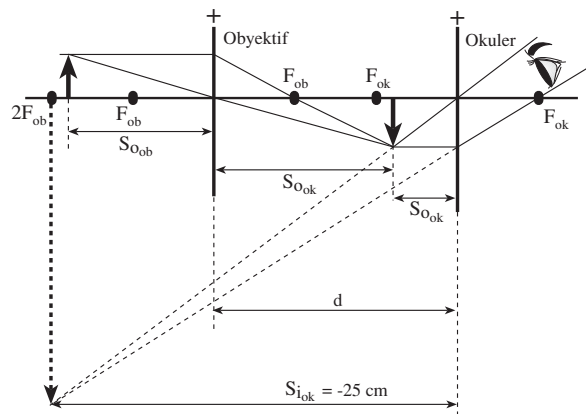
Salah satu jenis mikroskop dan susunan lensanya seperti gambar di bawah ini.

Sumber: Clip Art

Gambar 18.16

Mikroskop terdiri atas susunan dua lensa cembung. Lensa cembung yang dekat dengan benda disebut lensa objektif, dan lensa cembung yang dekat dengan mata disebut lensa okuler.

Jarak fokus lensa okuler lebih besar daripada jarak fokus lensa objektif.

Pengamatan menggunakan mikroskop ada dua macam sebagai berikut.

1. Pengamatan dengan mata berakomodasi maksimum

18.17 Pengamatan dengan mikroskop, mata berakomodasi

Benda yang diamati terletak di R-II objektif.

Bayangan yang dihasilkan objektif merupakan benda bagi okuler dan terletak di R-I sehingga lensa okuler befungsi sebagai lup.

Perbesaran bayangannya:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok}$$

$$M_{ob} = \left|\frac{Si_{ob}}{So_{ob}}\right| \text{ atau } M = \left|\frac{hi}{ho}\right|$$

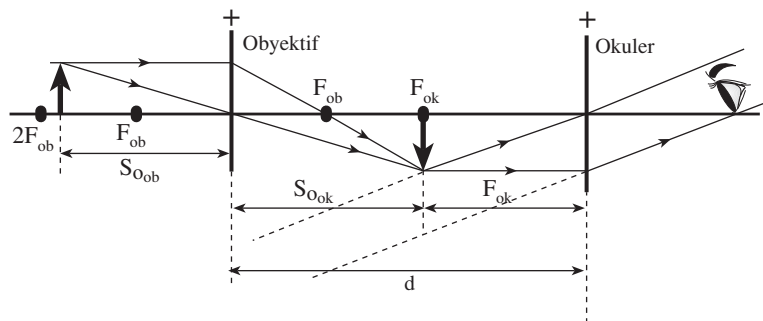
$$M_{ok} = \frac{25}{f} + 1$$

M = perbesaran bayangan

M_{ob} = perbesaran objektif

M_{ok} = perbesaran okuler

d = panjang tubus

2. Pengamatan dengan mata tidak berakomodasi

Gambar 18.18 Pengamatan dengan mikroskop, mata tak berakomodasi

Perbedaan dengan mata berakomodasi, benda bagi okuler terletak tepat di titik fokus okuler, sehingga bayangan di titik jauh pengamat seperti gambar di atas.

Perbesaran bayangannya:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok}$$

$$M_{ob} = \left|\frac{Si_{ob}}{So_{ob}}\right| \text{ atau } M_{ob} = \left|\frac{hi}{ho}\right|$$

Karena mata tidak berakomodasi, maka $So_{ok} = fo_{ok}$, sehingga:

$$M_{ok} = \frac{25}{f_{ok}}$$ panjang tubus (d) $$d = Si_{ob} + f_{ok}$$

Keterangan:

So_{ob} = jarak benda objektif

Si_{ob} = jarak bayangan objektif

So_{ok} = jarak benda okuler

Si_{ok} = jarak bayangan okuler

f_{ob} = jarak fokus objektif

f_{ok} = jarak fokus okuler

Contoh soal:

1. Lup

   Sebuah lup memiliki kekuatan 20 dioptri digunakan untuk mengamati objek. Berapakah perbesaran bayangan jika pengamatan dilakukan dengan mata:

   a. berakomodasi maksimum b. tidak berakomodasi

   Penyelesaian:

   Diketahui : P = 20 dioptri

   Ditanya : M berakomodasi = ...?

   M tak berakomodasi = ...?

   Jawab :

   $f = \frac{100}{P} = \frac{100}{20}$

   $f = 5$ cm

   a. $M = \frac{25}{f} + 1 = \frac{25}{5} + 1 = 5 + 1$

   $M = 6$ kali

   b. $M = \frac{25}{f} = \frac{25}{5}$

   $M = 5$ kali

2. Mikroskop

   Sebuah mikroskop memiliki lensa okuler dengan jarak fokus 5 cm dan lensa objektif dengan jarak fokus 2,5 cm. Benda berada 3 cm di depan objektif. Tentukan perbesaran mikroskop jika pengamatan.

a. berakomodasi maksimal,

b. tidak berakomodasi!

Penyelesaian:

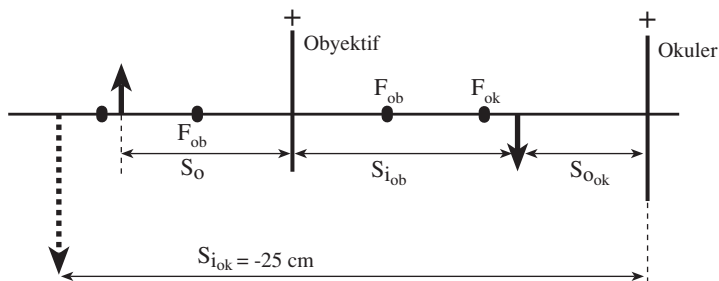
Diketahui : f_{ok} = 5 cm

f_{ob} = 2,5 cm

Ditanya : M berakomodasi max = ...?

M tak berakomodasi = ...?

Jawab :

a) Untuk memudahkan dibuat sketsa pembentukan bayangan.

Objektif

$$\frac{1}{Si} = \frac{1}{f} - \frac{1}{So}$$

$$= \frac{1}{2,5} - \frac{1}{3}$$

$$= \frac{3 - 2,5}{7,5}$$

$$\frac{1}{Si} = \frac{0,5}{7,5}$$

$$Si = \frac{7,5}{0,5} = 15 \text{ cm}$$

$$M_{ob} = \left|\frac{Si}{So}\right| = \frac{15}{3} = 5 \text{ kali}$$

Okuler

$$M_{ok} = \frac{25}{f} + 1$$

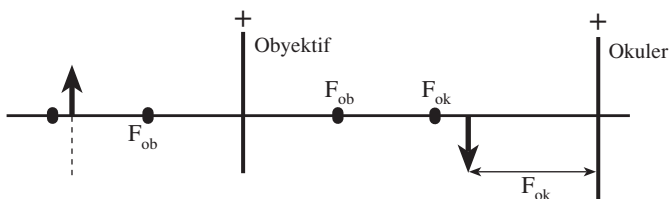
$$= \frac{25}{5} + 1$$

$$M_{ok} = 6$$

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok}$$

$$= 5 \cdot 6$$

$$M = 30 \text{ kali}$$

b) Sketsa

M_{ob} = 5 kali

$M_{ok} = \frac{25}{f} = \frac{25}{5} = 5$ kali

$M = M_{ob} \,.\, M_{ok}$

$= 5 \,.\, 5$

M = 25 kali

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Bagaimana sifat bayangan yang dihasilkan kamera?
2. Ketika memotret benda yang sangat jauh, jarak antara lensa dengan film adalah 5 cm. Untuk memotret suatu benda pada jarak tertentu, lensa kamera digeser ke depan sejauh 0,05 cm. Berapakah jarak benda dengan kamera?

E. TEROPONG

Teropong atau teleskop adalah alat optik yang digunakan untuk melihat benda-benda yang letaknya sangat jauh agar tampak lebih dekat dan jelas.

Teropong dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Teropong bias, terdiri atas beberapa lensa
2. Teropong pantul, terdiri atas beberapa cermin dan lensa.

Untuk teropong bias masih terbagi menjadi beberapa jenis antara lain:

a. Teropong bintang
b. Teropong bumi
c. Teropong prisma
d. Teropong panggung

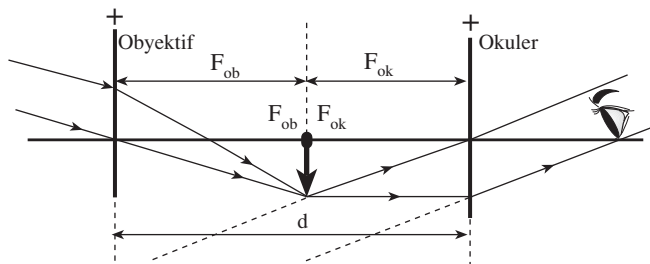
} Pada teropong bias panjang fokus objektifnya lebih besar daripada panjang fokus okulernya.

1. Teropong Bintang

Teropong bintang disebut juga teropong astronomi. Teropong ini digunakan untuk mengamati bintang-bintang di langit dan pengamatannya berlangsung berjam-jam. Oleh karena itu, agar mata tidak cepat lelah, maka pengamatan dilakukan dengan mata tak berakomodasi.

Gambar 18.19
Teropong bintang di observatorium Hale di atas Gunung Palomar, California

Ilmu Pegetahuan Populer 1

Pembentukan bayangan yang dibentuk oleh teropong bintang kira-kira dapat dilihat seperti gambar berikut.

Gambar 18.20 Pembentukan bayangan pada teropong bintang

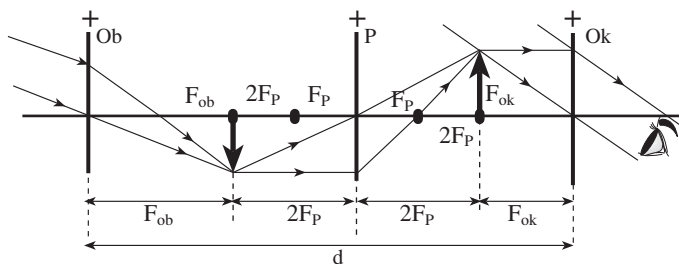
Perbesaran bayangannya : $M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$

Panjang teropong : $d = f_{ob} + f_{ok}$

Sifat bayangan : maya, terbalik, diperbesar

2. Teropong Bumi

Teropong bumi menggunakan 3 buah lensa cembung yang berfungsi sebagai okuler, objektif dan pembalik, semuanya terbuat dari lensa cembung.

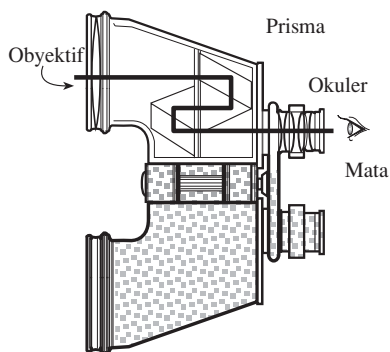
Fungsi lensa cembung hanya membalik bayangan yang dihasilkan lensa objektif tanpa mengubah ukuran bayangan. Oleh karena itu benda bagi lensa pembalik harus terletak di 2F. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut!

Gambar 18.21 Pembentukan bayangan pada teropong bumi

Perbesaran bayangannya : $M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$

Panjang teropong : $d = f_{ob} + 4\ f_p + f_{ok}$

Sifat bayangan : maya, tegak, dan diperbesar

3. Teropong Prisma

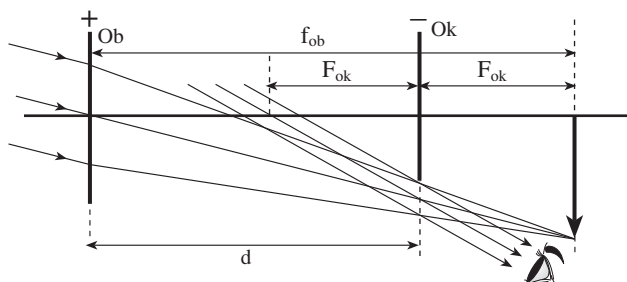
Teropong prisma disebut juga teropong binokuler karena menggunakan dua buah lensa okuler.

Pembalik untuk teropong prisma menggunakan prisma yang fungsinya sama dengan lensa pembalik. Oleh karena itu, teropong prisma lebih pendek seperti gambar di samping ini.

Gambar 18.22
Teropong binokuler.

4. Teropong Panggung

Teropong ini hampir sama dengan teropong bumi, hanya saja lensa pembalik dan lensa okulernya menggunakan 1 lensa cekung. Maksudnya 1 lensa cekung berfungsi sebagai pembalik sekaligus lensa okuler. Replika teleskop Galileo seperti gambar berikut.

Gambar 18.23 Teleskop Galileo (replika). *Sumber: Jendela Iptek Astronomi*

Untuk menggambarkan pembentukan bayangan teropong tersebut seperti di bawah ini.

Gambar 18.24 Pembentukan bayangan pada teropong panggung

Perbesaran bayangannya : $M = \left|\frac{f_{ob}}{f_{ok}}\right|$

Panjang teropong : $d = f_{ob} + f_{ok}$

Nilai f_{ok} harus ***negatif***

Sifat bayangan : maya, tegak, dan diperbesar

UJI PEMAHAMAN

Kerjakan soal berikut dengan benar!

1. Apa fungsi:
   a. Lensa pembalik pada teropong bumi?
   b. Prisma pada teropong
2. Teropong bumi memiliki lensa pembalik dan lensa okuler masing-masing memiliki jarak fokus 50 cm, 5 cm, dan 10 cm. Jika pengamatan dilakukan tanpa akomodasi berapakah:
   a. panjang teropong,
   b. pembesaran tropong?

1. Mata dapat melihat benda karena ada cahaya yang berasal dari benda yang masuk ke mata.
2. Sifat bayangan yang dihasilkan lensa mata: nyata terbalik dan diperkecil.
3. Daya akomodasi adalah kemampuan lensa untuk menebal atau memipih sesuai letak benda.
4. Titik dekat (PP): jarak terdekat antara benda dengan mata di mana benda terlihat jelas ketika mata berakomodasi maksimum.
5. Titik jauh (PR): jarak terjauh antara benda dengan mata di mana benda tersebut dapat terlihat dengan jelasa ketika mata tak berakomodasi.
6. Mata normal memiliki PP = 25 - 30 cm dan PR = ~
7. Cacat mata akibat berkurangnya daya akomodasi ada tiga yaitu:
   a) Rabun jauh (miopi), kurang jelas melihat jauh.
      PP < 25 cm dan PR < ~, ditolong dengan lensa cekung.
   b) Rabun dekat (hipermetropi), kurang jelas melihat dekat.
      PP > 25 cm dan PR = ~, ditolong dengan lensa cembung.
   c) Mata tua (presbiopi), kurang jelas melihat dekat dan jauh.
      PP > 25 cm dan PR < ~, ditolong dengan lensa rangkap/bifokal.
8. Kamera merupakan tiruan mata. Fungsi lensa kamera sama dengan lensa mata, fungsi diafragma sama dengan fungsi iris, fungsi aperture sama dengan pupil dan film sama dengan retina.
9. Sifat bayangan pada kamera: nyata, terbalik, dan diperkecil.

10. Lup berupa lensa cembung dan berfungsi mengamati benda-benda kecil agar tampak lebih besar. Sifat bayangan: maya, tegak, dan diperbesar.
11. Pengamatan dengan menggunakan lup ada dua:

    a) mata berakomodasi maksimum: $M = \frac{25}{f} + 1$

    b) mata tak berakomodasi: $M = \frac{25}{f}$
12. Mikroskop berfungsi untuk mengamati benda-benda renik.
13. Mikroskop memiliki lensa objektif dan lensa okuler($f_{okuler} > f_{obyektif}$).
14. Pengamatan dengan mikroskop:

    a) mata berakomodasi maksimum:

$$M = M_{ob} \times M_{ok} \rightarrow \quad M_{ob} = \left|\frac{Si_{ob}}{So_{ob}}\right| \text{ atau } M = \left|\frac{hi}{ho}\right|$$

$$M_{ok} = \frac{25}{f_{ok}} + 1$$

    b) mata tak berakomodasi

$$M = M_{ob} \times M_{ok} \rightarrow \quad M_{ob} = \left|\frac{Si_{ob}}{So_{ob}}\right| \text{ atau } M = \left|\frac{hi}{ho}\right|$$

$$M_{ok} = \frac{25}{f_{ok}}$$

15. Teropong berfungsi untuk mengamati benda-benda yang letaknya sangat jauh agar tampak lebih dekat.
16. Teropong terbagi menjadi 2 yaitu teropong pantul dan teropong bias.
17. Macam-macam teropong bias:

    a) Teropong Bintang,

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \text{ dan } d = F_{ob} + F_{ok}$$

    b) Teropong Bumi,

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \text{ dan } d = F_{ob} + 4Fp + F_{ok}$$

    c) Teropong Panggung

$$M = \left|\frac{f_{ob}}{f_{ok}}\right| \text{ dan } d = F_{ob} + F_{ok}$$

UJI KOMPETENSI

I. Silanglah (x) huruf a, b, c, atau d, di depan jawaban yang tepat!

1. Fungsi iris pada mata sama dengan fungsi ... pada kamera.
   a. lensa
   b. diafragma
   c. aparture
   d. film
2. Fungsi bintik kuning pada mata sama dengan fungsi ....
   a. lensa
   b. diafragma
   c. aparture
   d. film
3. Benda yang dipotret harus berada di ....
   a. tak terhingga
   b. ruang II lensa
   c. ruang III lensa
   d. tepat di titik fokus lensa
4. Sifat bayangan yang dihasilkan lup adalah ....
   a. nyata, tegak, diperbesar
   b. maya, tegak, diperbesar
   c. nyata, terbalik, diperbesar
   d. maya, terbalik, diperbesar
5. Pada cacat mata miopi ....
   a. PR > PR normal
   b. PR ≤ PR normal
   c. PR < PR normal
   d. PR = PR normal
6. Penyebab miopi ialah ....
   a. lensa mata tidak dapat menipis untuk melihat jauh
   b. lensa mata menipis ketika melihat jauh
   c. lensa mata tidak dapat menebal untuk melihat dekat
   d. lensa mata menebal ketika melihat dekat
7. Untuk menormalkan kembali maka penderita miopi ditolong dengan ....
   a. lensa positif
   b. lensa negatif
   c. lensa cembung
   d. lensa cekung
8. Pernyataan di bawah ini yang berkaitan dengan miopi adalah ....
   a. cacat mata yang tidak jelas melihat dekat
   b. PP miopi < PP normal
   c. PP miopi > PP normal
   d. ditolong dengan kaca mata lensa positif.
9. Seorang anak penderita rabun jauh mempunyai titik dekat 10 cm. Agar ia kembali normal, maka harus ditolong dengan lensa ....
   a. cembung, 6 dioptri
   b. cembung, 3,5 dioptri
   c. cekung, –6 dioptri
   d. cekung, –3,5 dioptri
10. Jika seseorang memakai kaca mata berlensa cekung –0,5 dioptri, berarti titik dekat mata orang tersebut ....
    a. 50 cm
    b. 28,2 cm
    c. 22,2 cm
    d. 10 cm
11. Seorang penderita hipermetrop dapat melihat dengan jelas benda paling dekat pada jarak 40 cm. Supaya penglihatannya kembali normal, maka harus menggunakan lensa ....
    a. positif, 1,5 dioptri
    b. positif, 2,5 dioptri
    c. negatif, –1,5 dioptri
    d. negatif, –2,5 dioptri
12. Penderita rabun jauh menggunakan kaca mata berlensa cembung 1,5 dioptri. Titik dekat mata orang tersebut adalah ....
    a. 14,6 cm
    b. 40 cm
    c. 146 cm
    d. 400 cm

13. Seorang penderita presbiop mempunyai titik dekat 50 cm dan titik jauh 1 meter. Agar kembali normal, maka harus ditolong dengan lensa bifokal yang berkekuatan ....
    a. –1 dioptri dan 2 dioptri
    b. –2 dioptri dan 1 dioptri
    c. $-^1/_2$ dioptri dan 2 dioptri
    d. –1 dioptri dan 3 dioptri
14. Empat buah lensa cembung masing-masing berjarak fokus 5 cm, 10 cm, 15 cm dan 25 cm. Lensa yang paling cocok untuk lup (mempunyai perbesaran yang paling besar) adalah lensa cembung yang berjarak fokus ....
    a. 5 cm
    b. 10 cm
    c. 15 cm
    d. 25 cm
15. Seorang bermata normal menggunakan lup yang berjarak fokus 5 cm. Bila pengamatan tanpa akomodasi, maka perbesaran bayangannya adalah ....
    a. 6 kali
    b. 5 kali
    c. 4 kali
    d. 3 kali

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas!

1. Seorang kakek mempunyai titik dekat 50 cm dan titik jauh 2 m. Tentukan kekuatan lensa kaca mata yang harus di gunakan agar kembali seperti orang bermata normal.
2. Seseorang bermata normal ingin melihat benda kecil menggunakan lup yang berkekuatan 20 dioptri. Tentukan perbesaran sudutnya jika ia melihat dengan cara:
   a. berakomodasi maksimum
   b. tidak berakomodasi
   c. berakomodasi pada jarak 50 cm
3. Seorang bermata normal melihat bakteri menggunakan mikroskop (P_{ob} = 20 D dan P_{ok} = 10 D). Letak bakteri terhadap lensa objektif = 6 cm. Mula-mula ia melihat dengan cara berakomodasi maksimum. Agar ia dapat melihat dengan tidak berakomodasi, maka berapa cm dan ke arah mana lensa okuler harus digeser?
4. Sebuah benda yang panjangnya 0,1 mm diletakkan 15 cm di bawah lensa okuler pada sebuah mikroskop (f_{ob} = 10 cm dan f_{ok} = 20 cm). Panjang tubus mikroskop = 40 cm. Berapa panjang bayangan akhir benda yang terbentuk?
5. Sebuah teropong panggung yang mempunyai kekuatan lensa objektif = 2D digunakan untuk melihat planet Venus. Jika panjang tubus teropong = 45 cm. Berapa perbesaran sudut yang terjadi?

GLOSARIUM

A

Alat Hartl : alat untuk mengetahui besarnya tekanan oleh zat cair
Alat optik : alat bantu penglihatan
Amilase : enzim yang berfungsi mengubah zat tepung menjadi gula
Amplitudo : simpangan maksimum
Antagonis : otot yang bekerja saling berlawanan
Aorta : pembuluh nadi yang paling besar
Apendiks : bagian kecil yang melekat pada usus buntu, disebut juga umbai cacing
Atomos : bagian terkecil yang tidak dapat di bagi-bagi lagi
Audiosonik : bunyi yang memiliki frekuensi antara 20 Hz sampai 20.000Hz
Autotrof : makhluk hidup yang membuat makanannya sendiri

B

Barometer : alat untuk mengukur tekanan udara luar
Bayangan maya/semu : bayangan yang tidak dapat ditangkap layar
Bayangan nyata : bayangan yang dapat ditangkap layar
Berat : gaya gravitasi yang bekerja pada benda
Besaran vektor : besaran yang memiliki nilai dan arah
Blastula : tingkat dini perkembangan hewan dengan satu lapis sel yang mengelilingi rongga sehingga membentuk bola kosong
Bolus : gumpalan makanan dari rongga mulut
Buah semu : buah yang tidak berasal dari berkembang di alat tumbuhan betina

C

Cepat rambat gelombang: jarak yang ditempuh gelombang tiap satu satuan waktu

D

Daya akomodasi: kemampuan lensa mata untuk menebal atau memipih sesuai dengan jarak benda yang dilihat
Daya : usaha yang dilakukan tiap satuan waktu atau kecepatan melakukan usaha
Defisiensi : penyekat akibat kekurangan salah satu zat makanan tertentu, seperti vitamin dan mineral
Dehidrasi : keadaan kekurangan cairan karena buang air terus-menerus (diare).
Dentin : tulang pembentuk gigi
Diastole : tekanan terendah dinding jantung pada saat otot dinding jantung mengendur
Diferensiasi : memodifikasi struktural dan fungsional suatu sel tidak khusus menjadi sel khusus

Dinamometer : neraca pegas adalah alat ukur gaya.
Diskrit : terpisah-pisah (berupa garis).
Dispersi : peristiwa terurainya sinar putih menjadi berbagai macam warna.
Divergen : menyebarkan sinar.

E

Ekskresi : pengeluaran zat sisa metabolisme yang tidak diperlukan tubuh.
Eksoskeleton : rangka luar.
Email : lapisan yang melindungi mahkota gigi.
Endoskeleton : rangka dalam.
Endosperma : bagian dalam biji, yaitu jaringan yang memberikan dan melindungi embrio.
Energi kinetik : energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak.
Energi mekanik : jumlah energi kinetik dan energi potensial.
Energi potensial: energi yang dimiliki benda karena kedudukannya.
Energi : kemampuan untuk melakukan usaha.
Epiglotis : katup pemisah antara tenggorokan dan kerongkongan.
Eritrosit : sel darah merah.
Etiolasi : pertumbuhan cepat di tempat gelap.

F

Fibrin : benang-benang halus yang dapat menutup luka sehingga darah tidak mengalir terus.
Fibrinogen : zat yang terdapat di dalam plasma darah yang berfungsi membentuk benang-benang fibrin.
Floem : jaringan pengangkut pada tumbuhan yang berfungsi mengangkut hasil fotosintesis dari dan ke seluruh bagian tumbuhan.
Fotonasti : nasti yang disebabkan oleh cahaya.
Fotosintesis : proses pembuatan makanan pada tumbuhan.
Fototaksis : taksis yang disebabkan oleh cahaya.
Fototropisme : tropisme yang disebabkan oleh cahaya.
Frekuensi : jumlah getaran tiap detik.

G

Gametofit : generasi penghasil gamet.
Garis normal : garis yang tegak lurus dengan bidang pantul/bias.
Gastrin : hormon yang dihasilkan oleh dinding lambung.
Gaung : bunyi pantul yang terdengar bersamaan dengan sebagian bunyi asli sehingga tidak jelas.
Gaya gesek : gaya yang terjadi pada permukaan benda-benda yang saling bersentuhan.
Gaya sentuh : gaya yang bekerja pada benda akibat sentuhan.
Gaya tak sentuh: gaya yang bekerja pada benda tanpa bersentuhan

Gelombang elektromagnetik : gelombang yang dalam perambatannya tidak memerlukan medium.

Gelombang longitudinal : gelombang yang arah getarnya berimpit dengan arah rambat gelombang.

Gelombang mekanik : gelombang yang dalam perambatannya memerlukan zat perantara.

Gelombang transversal : gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambat gelombang.

Gelombang : usikan yang merambat.

Gema : bunyi pantul yang terdengar setelah bunyi asli.

Gen : bagian kromosom yang mengendalikan ciri suatu organisme dan bersifat menurun.

Geotropisme : tropisme yang disebabkan oleh gaya tarik bumi.

Gerak peristaltik : gerakan meremas-remas dan mendorong makanan pada kerongkongan.

Getaran : gerak bolak-balik melalui titik setimbang.

H

Hemoglobin : protein di dalam sel-sel darah merah yang mampu mengikat oksigen.

Heterotrof : makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanannya sendiri.

Hidrometer : alat untuk mengukur hidrometer air.

Hidrotropisme : tropisme yang disebabkan oleh air.

Hipermetropi : cacat mata yang tidak dapat melihat dekat.

I

Indeks bias mutlak : perbandingan cepat rambat cahaya diruang hampa dengan cepat rambat cahaya di ruang medium.

Indeks bias relatif : perbandingan indeks bias suatu medium dengan indeks bias medium lain.

Inersia (lembam) : cenderung mempertahankan keadaan.

Infrasonik : bunyi yang memiliki frekuensi dibawah 20 Hz.

Interval nada : perbandingan frekuensi suatu nada dengan frekuensi nada lain yang lebih rendah.

Ion : atom yang jumlah proton tidak sama dengan jumlah elektron.

Iris : bagian mata yang berfungsi mengatur cahaya yang masuk ke mata.

J

Jarak fokus : jarak antara titik pusat kelengkungan dengan titik fokus.

Jejunum : bagian tengah usus halus setelah usus dua belas jari.

K

Kaliptra : tudung akar yang melindungi jaringan meristem dan ujung akar dari kerusakan akibat pertumbuhan menembus tanah.

Kambium : bagian dari batang yang berfungsi membentuk kulit dan kayu.

Kapasitas total paru-paru : volume seluruh udara dalam paru-paru.

Kapasitas vital paru-paru : jumlah volume udara pernapasan, udara komplementer, dan udara suplementer.

Karies : kerusakan pada tulang gigi yang terjadi secara berangsur-angsur.

Kemotaksis : taksis yang disebabkan oleh zat kimia.

Kemotropisme : gerak tumbuhan karena adanya rangsang bahan kimia.

Kifosis : kelainan tulang punggung yang membengkok ke belakang.

Klorofil : zat hijau daun pada tumbuhan yang berfungsi menyerap energi cahaya matahari.

Kloroplas : tempat klorofil di daun.

Kolon : usus besar, tempat reabsorbsi air.

Konstipasi : keadaan susah buang air besar karena feses terlalu padat akibat terlalu lama tertahan di usus besar.

Konvergen : mengumpulkan sinar.

Kutikula : lapisan lilin pada permukaan daun yang menyebabkan epidermis kedap air.

L

Labirin : alat bantu pernapasan pada ikan berupa perluasan rongga insang untuk menyimpan udara.

Lengan beban : jarak antara titik beban dengan titik tumpu.

Lengan kuasa : jarak antara titik kuasa (gaya) dengan titik tumpu.

Lensa pembalik : lensa yang berfungsi membalik bayangan tanpa mengubah ukuran bayangan.

Lensa : benda bening yang dibatasi oleh 2 bidang lengkung atau 1 bidang lengkung dan 1 bidang datar.

Lentisel : pori-pori pada batang tempat terjadinya pertukaran gas.

Leukemia : kanker darah, yaitu peningkatan jumlah sel-sel darah putih yang tidak terkendali sehingga memakan sel-sel darah merah.

Leukosit : sel darah putih.

Lingkaran tahun: garis melingkar pada batang dikotil yang terbentuk dari kegiatan xilem pada saat tertentu, dapat digunakan untuk menduga umur tanaman.

Lipase : enzim yang berfungsi mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.

Lordosis : kelainan tulang punggung yang membengkok ke depan.

M

Manometer : alat ukur tekanan gas dalam ruang tertutup.

Massa : jumlah materi yang terkandung dalam suatu benda.

Meristem : jaringan tumbuhan yang mampu melakukan pembelahan sel terus-menerus membentuk jaringan baru.

Metagenesis : pergiliran keturunan antara fase vegetatif dengan fase generatif.

Metamorfosis : urutan perubahan bentuk dari satu fase ke fase berikutnya.

Miopi : cacat mata yang tidak dapat melihat jauh.
Molekul : gabungan dari atom-atom.
Morfogenesis : perkembangan bentuk tubuh.

N

Nada : bunyi yang frekuensinya tertentu dan teratur.
Nasti : gerak tumbuhan yang arahnya tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsang.

O

Osifikasi : proses penulangan tulang rawan.
Osmosis : perpindahan molekul zat cair dari daerah yang encer ke molekul zat cair yang pekat melalui membran semipermeabel.
Otot bisep : otot yang mempunyai 2 tendon.
Otot siliar : otot yang berfungsi mengatur bentuk lensa.
Otot trisep : otot yang mempunyai 3 tendon.

P

Palisade : jaringan yang dipenuhi oleh klorofil.
Panjang gelombang : jarak yang ditempuh gelombang dalam satu periode
Pembiasan/Refraksi : peristiwa pembelokkan arah rambat cahaya karena cahaya melalui medium-medium yang berbeda.
Pembuluh balik : pembuluh darah yang dilewati oleh darah untuk kembali ke jantung.
Pembuluh kapiler : pembuluh darah atau pembuluh limfa yang paling kecil dan dindingnya hanya tersusun oleh selapis sel.
Pembuluh nadi : pembuluh darah yang dilewati oleh darah dari jantung.
Penumbra : bayang-bayang tambahan.
Pepsin : enzim yang berfungsi mengubah protein menjadi pepton (molekul protein yang lebih kecil).
Periode : waktu satu getaran.
Pernapasan dada : pernapasan yang terjadi akibat aktivitas otot antartulang rusuk.
Pernapasan perut : pernapasan yang terjadi akibat aktivitas otot pada sekat rongga dada (diafragma).
Pesawat hidrolik : alat yang dapat menghasilkan gaya yang besar dari gaya yang kecil menggunakan bantuan zat cair.
Pigmen : organel tumbuhan yang mengandung zat warna.
Plumula : daun pertama kecambah.
Presbiopi : cacat mata karena usia tua.
Ptialin : enzim pencernaan di mulut yang mengubah amilum menjadi glukosa dan maltosa.
Pundi-pundi udara : alat bantu pernapasan pada burung.
Pupil : lubang yang dibentuk iris sebagai jalan masuk cahaya.

R

Renin : enzim yang berfungsi mengendapkan protein dari air susu.
Resonansi : peristiwa ikut bergetarnya suatu benda akibat getaran benda lain.
Resultan gaya : perpaduan beberapa gaya.
Retina : tempat bayangan yang dihasilkan oleh lensa mata.

S

Sinar monokromatik : sinar yang mengandung satu warna.
Sinar polikromatik : sinar yang mengandung banyak warna.
Sinergis : otot yang bekerja searah.
Siring : alat penghasil suara pada burung.
Sistole : keadaan jantung pada waktu bilik jantung berkontraksi.
Skoliosis : kelainan tulang punggung yang membengkok ke kanan atau ke kiri.
Sonometer : alat untuk menyelidiki frekuensi alat musik.
Spons : disebut juga jaringan bunga karang, terletak di bawah jaringan palisade, terdapat pembuluh angkut xilem dan floem.
Sporangium : struktur yang di dalamnya menghasilkan spora
Sporofit : tingkat diploid yang menghasilkan antara fase vegetatif dengan fase generatif.
Stigma : lubang tempat keluar masuknya udara pada serangga.
Sudut bias : sudut yang dibentuk oleh sinar bias dengan garis normal.
Sudut datang : sudut yang dibentuk oleh bunyi/sinar datang dengan garis normal.
Sudut deviasi : sudut yang dibentuk oleh perpanjangan sinar yang masuk prisma dengan sinar bias yang keluar dari prisma.
Sudut pantul : sudut yang dibentuk oleh bunyi/sinar pantul dengan garis normal.
Sutura : hubungan antartulang yang letaknya sangat berdekatan

T

Taksis : gerak berpindah tempat sebagian atau seluruh bagian tumbuhan.
Tangga nada : susunan nada-nada dengan perbandingan frekuensi tertentu.
Tekanan hidrostatik : tekanan yang ditimbulkan oleh zat cair yang dalam keadaan tidak mengalir.
Tendon : jaringan ikat padat yang berfungsi menghubungkan tulang dengan otot
Termonasti : nasti yang disebabkan oleh suhu.
Tigmonasti : nasti yang disebabkan oleh sentuhan.
Tigmotropisme : gerak tumbuh karena rangsangan sentuhan.
Titik dekat (PP) : jarak benda terdekat yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata tanpa berakomodasi.
Titik jauh (PR) : jarak benda terjauh yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata tanpa berakomodasi
Tripsin : enzim yang berfungsi mengubah pepton menjadi asam amino.
Tropisme : gerak tumbuhan yang arahnya dipengaruhi oleh arah datangnya rangsang.

U

Udara komplementer : udara yang masih dapat masuk ke dalam paru-paru setelah pernapasan biasa dengan menarik napas kuat-kuat.

Udara residu : udara yang masih terdapat dalam paru-paru setelah mengembuskan napas sekuat-kuatnya.

Udara suplementer : udara yang masih dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah pernapasan biasa dengan mengembuskan napas kuat-kuat

Udara tidal : udara yang keluar masuk paru-paru pada proses pernapasan biasa.

Ultrasonik : bunyi yang memiliki frekuensi lebih dari 20.000Hz.

Umbra : bayang-bayang inti.

Usaha : gaya yang bekerja pada benda kali jarak perpindahan.

W

Waterpas : alat untuk mengetahui rata atau tidaknya suatu permukaan.

X

Xilem : jaringan pengangkut pada tumbuhan yang mengangkut air dari akar ke daun.

INDEKS

V

W

X

Z

DAFTAR PUSTAKA

------------. *1998. Ensiklopedi Populer Anak jilid 5, Jakarta : PT ICHTIAR BARU VAN HOEVE*

Barret Jemes, M. 2000. *BIOLOGY*. New Jersey: Prentice-Hall, adivision ofShimon and Schuster, Inc.

Departemen Pendidikan Nasional. 2006. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia No. 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah, lampiran 1 Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTS.* Jakarta.

Ditjen Dikdasmen Depdiknas. 2004. *Lembar Kerja Siswa Kelas VII SMP Semester 2 (Edisi 2)*. Jakarta: Proyek Peningkatan Mutu SLTP.

Ditjen Dikdasmen Depdiknas. 2004. *Pelajaran Pengetahuan Alam kelas VIII SMP Semester 2 (Edisi 2).* Jakarta: Proyek Peningkatan Mutu SLTP.

Foster, Bob. 2004. *Seribu Pena Fisika SMP untuk Kelas VII dan VIII*. Jakarta: Erlangga.

Gordon Whaley, W. 1994. *Princeples of Biology, Third Edition*. New York: Harper and Row, Publishers, Incorporated. New York: Harper and Row, Publishers, Incorporated.

Istamar Symsuri. 2007. *IPA BIOLOGI untuk SMP Kelas IX jilid 3*. Jakarta: Erlangga

Kanginan, Martin. 2000. *Fisika SLTP Kelas 1 dan 2*. Jakarta: Erlangga.

Maulana, Mufli. 2001. *Konsep-konsep Fisika*. Klaten: Inan Pariwara.

Noor, Sukandiana. 2001. *Fisika untuk SLTP Kelas 1*. Bandung: Grafindo Media Pratama.

Pelczar, Michael J. 1986. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Jakarta: UI Press

Perjiyanto, Eka. 2004. *Sains Fisika 1 dan 2 untuk SMP*. Jakarta: Erlangga.

Suroso AY, Ana Permanasari, Kardiawarman. 2003. *ENSIKLOPEDI SAINS DAN KEHIDUPAN*. Jakarta: Tarity Samudra Berlian.

Taranggono, Agus. 2004. *Sains Fisika 1 dan 2*. Jakarta: Bumi Aksara.

Wiladi, hasan. 1997. *Fisika untuk SLTP Kelas 2*. Bandung: PT Grafindo Media Pratama.

DAFTAR PUSTAKA

------------. *1998. Ensiklopedi Populer Anak jilid 5, Jakarta : PT ICHTIAR BARU VAN HOEVE*

Barret Jemes, M. 2000. *BIOLOGY*. New Jersey: Prentice-Hall, adivision ofShimon and Schuster, Inc.

Departemen Pendidikan Nasional. 2006. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia No. 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah, lampiran 1 Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTS.* Jakarta.

Ditjen Dikdasmen Depdiknas. 2004. *Lembar Kerja Siswa Kelas VII SMP Semester 2 (Edisi 2)*. Jakarta: Proyek Peningkatan Mutu SLTP.

Ditjen Dikdasmen Depdiknas. 2004. *Pelajaran Pengetahuan Alam kelas VIII SMP Semester 2 (Edisi 2).* Jakarta: Proyek Peningkatan Mutu SLTP.

Foster, Bob. 2004. *Seribu Pena Fisika SMP untuk Kelas VII dan VIII*. Jakarta: Erlangga.

Gordon Whaley, W. 1994. *Princeples of Biology, Third Edition*. New York: Harper and Row, Publishers, Incorporated. New York: Harper and Row, Publishers, Incorporated.

Istamar Symsuri. 2007. *IPA BIOLOGI untuk SMP Kelas IX jilid 3*. Jakarta: Erlangga

Kanginan, Martin. 2000. *Fisika SLTP Kelas 1 dan 2*. Jakarta: Erlangga.

Maulana, Mufli. 2001. *Konsep-konsep Fisika*. Klaten: Inan Pariwara.

Noor, Sukandiana. 2001. *Fisika untuk SLTP Kelas 1*. Bandung: Grafindo Media Pratama.

Pelczar, Michael J. 1986. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Jakarta: UI Press

Perjiyanto, Eka. 2004. *Sains Fisika 1 dan 2 untuk SMP*. Jakarta: Erlangga.

Suroso AY, Ana Permanasari, Kardiawarman. 2003. *ENSIKLOPEDI SAINS DAN KEHIDUPAN*. Jakarta: Tarity Samudra Berlian.

Taranggono, Agus. 2004. *Sains Fisika 1 dan 2*. Jakarta: Bumi Aksara.

Wiladi, hasan. 1997. *Fisika untuk SLTP Kelas 2*. Bandung: PT Grafindo Media Pratama.

KUNCI

BAB 1

I. 1.b 3.c 5.c 7.d 11.a 13.c 15.d

II. 1. Pertumbuhan: pertambahan jumlah dan ukuran

Perkembangan: perubahan struktur dan fungsi tertentu untuk menuju kedewasaan

2. Metamorfosis: perubahan bentuk hewan fase muda sampai fase dewasa

Contoh:

a. metamorfosis sempurna: kupu-kupu
b. metamorfosis tak sempurna: belalang

Metagenenesis: pergiliran keturunan pada tumbuhan antara fase gametofit dengan fase sporofit

Contoh:

a. pergiliran keturnan tumbuhan lumut
b. pergiliran keturunan tumbuhan paku

5. Ciri-cirinya:

a. Pria

Diproduksinya hormon seks androgen yang berpengaruh terhadap fisiologis, anatomis, maupun psikologis pria. Misalnya: tumbuhnya kumis, otot-otot membesar, produksi sperma dimulai, suara membesar, testis dan penis tumbuh.

b. Wanita

Diproduksinya hormon seks estrogen yang berpengaruh terhadap fisiologis, anatomi, maupun psikologis wanita. Misalnya: suara nyaring, buah dada dan pinggul membesar, vagina dan rahim tumbuh, mengalami menstruasi, tumbuh rambut di pangkal paha.

c. Mulai tertarik pada lawan jenis.
d. Mencari identitas diri.

BAB 2

I. 1.a 3.d 5.d 7.b 9.a 11.b 13.b 15.c

II. 1. a. Hialin: dinding traken, ujung tulang tungkai dan lengan anggota badan, antara tulang rusuk dengan tulang dada
b. Elastis: ujung hidung dan daun telinga
c. Serabut: ruas tulang belakang

3. a. Kifosis: tulang belakang melengkung ke belakang
b. Lordosis: tulang belakang melengkung ke depan
c. Skoliosis: tulang belakang melengkung ke samping

5. a. Kontraksi: membesar, memendek, mengeras, tulang tertarik dan bergerak
b. Relaksasi: mengecil, memanjang, lunak, tulang tak bekerja (istirahat)

BAB 3

I. 1.b 3.b 5.b 7.b 9.b

II. 1. Mekanik: dibantu oleh gigi (di dalam mulut)

Kimia: dibantu oleh enzim (di dalam lambung, usus halus, dan mulut

3. Gerak peristaltik: gerak bergelombang, memanjang, memendek, melingkar, dan mengkerut secara bergantian sehingga mendorong makanan masuk ke lambung

5. a. Kelanjar ludah: menghasilkan enzim ptialin
b. Kelenjar lambung: menghasilkan enzim renin, pepsinogen, dan asam lambung
c. Kelenjar pankreas: menghasilkan enzim tripsin, amilase, dan lipase

BAB 4

I. 1.d 3.d 5.c 7.b 9.c

II.
1. Pernapasan: proses pertukaran gas antara makhluk hidup dengan lingkungannya

   Respirasi: proses penggunaan oksigen dalam pembakaran makanan (oksidase biologi)

3. a. Disaring oleh rambut-rambut halus di hidung
   b. Diatur suhunya
   c. Diatur kelembabannya oleh selaput lendir

BAB 5

I. 1.d 3.d 5.d 7.d 9.b

II.
1. Arteri: pembuluh darah yang membawa darah keluar dari jantung menuju seluruh tubuh, letaknya agak tersembunyi

   Vena: pembuluh darah yang membawa darah menuju jantung, letaknya di permukaan tubuh

3. Karena kelenjar limfa terlalu berlebihan (over produksi) dalam menghasilkan sel darah putih
5. a. Anemia: cara mengatasinya dengan tambah darah, banyak mengkonsumsi vitamin dan mineral
   b. Hipertensi: cara mengatasinya menjaga berat badan, makan-makanan yang kadar garamnya rendah dan olahraga teratur
   c. Kolesterol tinggi: cara mengatasinya makan makanan berlemak rendah
   d. Atherosklerosis (penimbunan lemak) dan arteriosklerosis (penimbunan zat kapur): cara mengatasinya menjaga berat badan, mengurangi lemak, dan kolesterol dalam makanan
   e. Penyakit jantung: cara mengatasinya antara lain kurangi kolesterol, hindari rokok, jaga berat badan, olahraga teratur, hindari dipertensi

BAB 6

I. 1.c 3.a 5.c 7.a 9.c

II.
1. a. Akar tunggang, dimiliki tumbuhan dikotil
   b. Akar serabut, dimiliki tumbuhan monokotil
3. Xilem: mengangkut air dan zat hara dari dalam tanah menuju daun

   Floem: mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan

5. a. Nanas
   b. Nangka
   c. Jambu monyet

BAB 7

I. 1.b 3.c 5.b 7.d 9.b 11.d 13.b 15.c

II.
1. Fotosintesis: proses pembuatan makanan oleh tumbuhan hijau atau proses pengubahan zat anorganik menjadi zat organik
3. Tropisme: gerak sebagai tubuh tumbuhan

   Nasti: gerak bagian tumbuhan yang arahnya tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsangan

5. Hama: hewan-hewan yang dapat mengganggu (merusak) tanaman

   Penyakit: organisme yang dapat mengganggu kehidupan tumbuhan, biasanya berupa tumbuhan

BAB 8

I. 1.b 3.d 5.d 7.a 9.c

II.
1. a. Bagian terkecil suatu zat yang tidak dapat dibagi-bagi lagi
   b. Atom yang jumlah proton $\neq$ jumlah elektron
   c. Gabungan dari atom-atom sejenis atau tidak sejenis
3. Sudah jelas
5. Dapat menyebabkan timbulnya beberapa macam penyakit

BAB 9

I. 1.c 3.a 5.d 7.b 9.c 11.c 13.b 15.b

II. 1. Zat adiktif ialah zat atau obat-obatan bila dikonsumsi akan bekerja pada sistem saraf pusat dan dapat mengakibatkan ketagihan (ketergantungan)

Fungsi zat adiktif makanan, antara lain:

a. bahan pewarna

b. bahan pemanis

c. bahan pengawet

d. bahan penyedap

3. Kaporit: pemutih padat dengan nama kalsium hipokhlorit

Gunanya: mensucihamakan air ladeng dan kolam renang

5. Kafein

BAB 10

I. 1.c 3.b 5.b 7.c 9.b

II. 1. 10 N ke kanan

2. g berbeda

5. 100 N

BAB 11

I. 1.b 3.b 5.a 7.d 9.d

II. 1. Hukum I Newton, sifat kelebaman benda

3. Bergerak ke utara, Hukum II Newton, gaya aksi = -gaya reaksi

5. 2 kg

BAB 12

I. 1.d 3.d 5.c 7.c 9.a

II. 5. 200.000 N

BAB 13

I. 1.b 3.b 5.b 7.c 9.a

BAB 14

I. 1.c 3.a 5.d 7.a 9.c 11.c 13.c 15.a

II. 1. Agar kaki masuk tidak terlalu dalam

3. Agar memiliki perbedaan tekanan yang besar

5. a. 75.000 N/m^2

b. 37.500 N/m^2

7. 10 cm

9. 89 cmHg

BAB 15

I. 1.c 3.d 5.b 7.b

II. 3. Sudah jelas

5. a. 8 m

b. 1,6 m/s

BAB 16

I. 1.c 3.c 5.c 7.a 9.b

II. 1. a. f besar

b. f kecil

c. f kecil

3. Memasang bahan peredam

5. a. $\lambda = 0,6$ m

b. v = 330 m/s

BAB 17

I. 1.a 3.a 5.d 7.c 9.c 11.c 13.

II. 1. 85 cm, 80 cm

3. 9 cm

5. 26,6 cm

BAB 18

I. 1.b 3.c 5.c 7.b 9.c 11.a 13.a 15.b

II. 1. $-^1/_2$D dan 2D

3. 2,86 cm mendekati mata dari posisi semula

5. 10 kali

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 69 Tahun 2008 Tanggal 7 November 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

ISBN 979-979-068-123-1 (no. jil. lengkap)
ISBN 979-979-068-124-8

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp16.231,-